

Nota técnica

Adición de fuentes energéticas e inoculantes en la elaboración de yogurt de yuca

Addition of energy sources and inoculants in the elaboration of cassava-based yogurt

Alfonso Benítez-de la Torre^{1*}; Iván Lenin Montejo-Sierra²; Yolanda E. Morales-García³; Jesús Muñoz-Rojas³; Ramón Díaz-Ruiz¹ y Pedro Antonio López¹

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km. 12,5. Carretera Federal México-Puebla (s/n) C. P. 72760 Puebla, México

²Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba

³Laboratorio de Ecología Microbiana del CICM-ICBUAP. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Correo electrónico del autor para correspondencia: cee.uiapuebla.alfonso@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la fermentación de pasta de yuca con la adición de fuentes energéticas de residuos agroindustriales y la inoculación de cepas microbianas disponibles en Cuba. Se estudió el efecto de la adición de melaza, guarapo y lactosuero, así como la inoculación con el biopreparado IH Plus[®], bacterias ácido lácticas solas y en combinación con *Saccharomyces cerevisiae*. Se midió la velocidad de acidificación, producción de ácidos orgánicos y capacidad amortiguadora a los 8, 16 y 24 días de fermentación, para lo cual se realizó un experimento en bloques completos al azar por cada factor de estudio con cuatro repeticiones. Con la adición de lactosuero, guarapo y melaza en una proporción 1:1 (pasta: fuente de carbono) se obtuvo yogurt de yuca con un pH menor a 4,0, y se mejoró significativamente la producción de ácidos orgánicos con la adición de lactosuero hasta a los 24 días con respecto al control ($p < 0,05$). La adición de guarapo y lactosuero permitió mantener un incremento constante durante los 24 días en la producción de ácidos orgánicos y capacidad amortiguadora en comparación al control. No se observaron mejoras por la adición de inoculantes, lo que indicó que la flora natural de la yuca fue suficiente para fermentar la pasta. Se concluye que es posible mejorar el método tradicional de elaboración de yogurt de yuca con la adición de fuentes energéticas de fácil acceso sin la necesidad de adicionar inoculantes.

Palabras clave: alimentación de los animales, fermentación, inoculación.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the fermentation of cassava paste with the addition of energy sources of agroindustrial waste and the inoculation of microbial strains available in Cuba. The effect of the addition of molasses, sugarcane juice and whey, as well as the inoculation with the biopreparation IH Plus[®], lactic acid bacteria alone and in combination with *Saccharomyces cerevisiae*, was studied. The acidification rate, production of organic acids and buffering capacity were measured at 8, 16 and 24 days of fermentation, for which a trial was conducted in randomized complete blocks for each studied factor with four repetitions. With the addition of whey, sugarcane juice and molasses in a 1:1 ratio (paste: carbon source) cassava-based yogurt was obtained with pH lower than 4,0 and the production of organic acids was significantly improved with the addition of whey at 24 days with regards to the control ($p < 0,05$). The addition of sugarcane juice and whey allowed to maintain a constant increase during 24 days in the production of organic acids and buffering capacity compared with the control. No improvements due to the addition of inoculants were observed, which indicated that the natural flora of cassava was sufficient to ferment the paste. It is concluded that it is possible to improve the traditional method of cassava-based yogurt elaboration with the addition of easily-accessed energy sources without the need of adding inoculants.

Keywords: animal feeding, fermentation, inoculation.

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), se considera una de las mejores fuentes de carbohidratos en áreas rurales en la alimentación humana (Oliveira *et al.*, 2014).

El cultivo de esta especie tiene importancia en la generación de ingresos y de empleo en el sector rural, en particular entre los productores del trópico, con las implicaciones sociales y políticas que

ello tiene (Beovides-García *et al.*, 2014); constituye un cultivo de seguridad alimentaria para las haciendas de pequeños productores (Guira *et al.*, 2016).

En Cuba se ha cultivado a través de los años y tiene una amplia distribución; debido a su adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, esta raíz ocupa un lugar destacado como fuente de

carbohidratos, tanto para la alimentación humana como animal (INIVIT, 2011).

De ahí que se ha divulgado entre los campesinos un método para procesar y aprovechar la yuca que no es apta para consumo humano (Almaguel *et al.*, 2011) que consiste en hacer una pasta con agua y fermentarla, lo que mejora su calidad nutricional, le confiere propiedades probióticas y mejora su estabilidad al almacenaje, reportándose resultados satisfactorios en la alimentación de cerdos y aves de corral (Zacarías, 2012).

Por su parte, Lezcano-Perdigón *et al.* (2014) demostraron que el ensilaje o la fermentación de la pasta de yuca favorece sus propiedades químicas y nutricionales al disminuir la concentración de ácido cianhídrico y aumentar la cantidad de sustancias amortiguadoras que mejoran las condiciones ruminales.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la fermentación de la pasta de yuca con la adición de fuentes energéticas de residuos agroindustriales y la inoculación de cepas microbianas disponibles en Cuba.

Materiales y Métodos

Los experimentos se realizaron en los laboratorios de Bioquímica y Biotecnología de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.

Pasta de yuca. Se adquirieron raíces de yuca de segunda clase en el mercado local de Perico, Matanzas. Se lavaron con agua corriente, se cepillaron y se picaron con la cáscara en una troceadora eléctrica de cuchillas. La pasta resultante se distribuyó en 4 lotes de un kilogramo. A cada lote se le agregó 1 litro de cada tratamiento: a) guarapo; b) solución de miel de purga (melaza) al 5 %; c) lactosuero obtenido de la elaboración de queso a partir de leche fresca; d) y agua potable (control).

Inoculantes. Se aplicaron al 10 %. Se utilizaron: a) bacterias ácido lácticas de yogurt natural casero (control experimental); b) mezcla al 50 %

de yogurt natural y levadura liofilizada de panificación Tradipan® activada 24 horas en solución al 10 % de sacarosa (3 % s/v); c) biopreparado de microorganismos con cepas nativas IHplus® de la EEPF Indio Hatuey; d) agua potable.

Fermentaciones: Se realizaron en 48 frascos de vidrio ámbar de 250 mL con tapa metálica (4 fuentes energéticas con 4 inoculantes en 3 tiempos) en condiciones anaeróbicas.

Variables. Se midieron (al inicio y a los 8, 16 y 24 días) el pH y la acidez por titulación potenciométrica expresada como ácido láctico (AOAC, 1995), así como la capacidad de intercambio catiónico expresada como capacidad amortiguadora (CA) en miliequivalentes de NaOH mL⁻¹ a partir de las curvas de titulación (Levic *et al.*, 2005) con un potenciómetro Conductronic PH120.

Diseño experimental: Se aplicó un diseño de bloques completos al azar para cada factor de estudio (fuentes energéticas e inoculantes) por cuadruplicado.

Análisis estadístico. Para las variables que no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se decidió utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y en los casos en los que por lo menos uno de ellos no se cumplió (agua-guarapo, agua-melaza, agua-lactosuero, guarapo-melaza, guarapo-lactosuero, melaza-lactosuero), se utilizó la prueba Mann Whitney para hacer comparaciones pareadas entre cada uno de los tratamientos. El procesamiento de los datos se realizó con el paquete estadístico SAS® versión 9.0, a un nivel de significación de $p < 0,05$.

Resultados

Para todos los tratamientos se observó una rápida disminución de pH, desde valores cercanos a la neutralidad hasta menores a 4 en los primeros 8 días. El menor pH se obtuvo a los 24 días de fermentación con la adición de lactosuero ($p=0,026$) (tabla 1).

Tabla 1. pH de yogurt de yuca con diferentes fuentes energéticas y días de fermentación.

| Tratamiento | Día | | | |
|----------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| | 0 | 8 | 16 | 24 |
| Agua (control) | 6,90 ± 0,00 ^d | 3,87 ± 0,25 | 3,89 ± 0,21 | 3,89 ± 0,09 ^b |
| Guarapo | 6,40 ± 0,00 ^a | 3,96 ± 0,13 | 3,77 ± 0,10 | 3,69 ± 0,02 ^b |
| Melaza | 6,60 ± 0,00 ^b | 3,99 ± 0,34 | 3,76 ± 0,14 | 3,84 ± 0,19 ^{ab} |
| Lactosuero | 6,80 ± 0,00 ^c | 3,84 ± 0,03 | 3,65 ± 0,04 | 3,63 ± 0,03 ^a |

a, b, c, d, Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

Se obtuvo un mayor contenido de ácidos orgánicos (tabla 2) con la adición de lactosuero, guarapo y melaza tanto en el día 16 como en el 24 en comparación al control ($p=0,026$).

Además, las pastas fermentadas tenían una mayor capacidad amortiguadora con la adición de lactosuero y guarapo ($p=0,026$) (tabla 3).

Como se muestra en las tablas 4, 5 y 6, no se observaron diferencias estadísticas en las características fisicoquímicas de los productos obtenidos cuando no se inoculó o cuando se inoculó con bacterias ácido lácticas combinado con *S.cerevisiae* (Bal-Lev) o con el multiinoculante IH plus® en comparación con el yogurt inoculado con bacterias

Tabla 2. Acidez (g L^{-1}) de yogurt de yuca con diferentes fuentes energéticas.

| Tratamiento | Día | | | |
|----------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 0 | 8 | 16 | 24 |
| Agua (control) | $0,34 \pm 0,00^c$ | $0,64 \pm 0,15^b$ | $0,67 \pm 0,24^c$ | $0,77 \pm 0,13^c$ |
| Guarapo | $0,42 \pm 0,00^b$ | $0,88 \pm 0,20^{ab}$ | $1,28 \pm 0,23^{ab}$ | $1,33 \pm 0,32^{ab}$ |
| Melaza | $0,33 \pm 0,00^d$ | $0,79 \pm 0,30^{ab}$ | $0,90 \pm 0,24^{bc}$ | $0,83 \pm 0,23^{bc}$ |
| Lactosuero | $0,86 \pm 0,00^a$ | $1,14 \pm 0,06^a$ | $1,42 \pm 0,15^a$ | $1,69 \pm 0,33^a$ |

a, b, c, d, Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0,05$).

Tabla 3. Capacidad amortiguadora (meq. de NaOH mL^{-1}) de yogurt de yuca con diferentes fuentes energéticas a diferentes tiempos de fermentación.

| Tratamiento | Día | | | |
|----------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 0 | 8 | 16 | 24 |
| Agua (control) | $0,10 \pm 0,00^b$ | $0,16 \pm 0,04^b$ | $0,14 \pm 0,06^c$ | $0,19 \pm 0,03^c$ |
| Guarapo | $0,10 \pm 0,00^b$ | $0,22 \pm 0,05^{ab}$ | $0,30 \pm 0,06^{ab}$ | $0,32 \pm 0,07^{ab}$ |
| Melaza | $0,10 \pm 0,00^b$ | $0,20 \pm 0,07^b$ | $0,22 \pm 0,06^{bc}$ | $0,21 \pm 0,05^{bc}$ |
| Lactosuero | $0,23 \pm 0,00^a$ | $0,29 \pm 0,03^a$ | $0,34 \pm 0,04^a$ | $0,41 \pm 0,06^a$ |

a, b, c, d, Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0,05$).

Tabla 4. pH de yogurt de yuca con y sin inoculantes a diferentes días de fermentación.

| Tratamiento | Día | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 0 | 8 | 16 | 24 |
| BAL (control) | $6,68 \pm 0,22$ | $3,81 \pm 0,02$ | $3,65 \pm 0,02$ | $3,69 \pm 0,11$ |
| sin inocular | $6,68 \pm 0,22$ | $3,85 \pm 0,20$ | $3,75 \pm 0,10$ | $3,78 \pm 0,16$ |
| BAL-lev | $6,68 \pm 0,22$ | $4,14 \pm 0,27$ | $3,87 \pm 0,18$ | $3,81 \pm 0,19$ |
| IH plus | $6,68 \pm 0,22$ | $3,85 \pm 0,10$ | $3,79 \pm 0,18$ | $3,77 \pm 0,15$ |

Tabla 5. Acidez (g L^{-1}) de yogurt de yuca con y sin inoculantes a diferentes días de fermentación.

| Tratamiento | Día | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 0 | 8 | 16 | 24 |
| BAL (control) | $0,49 \pm 0,25$ | $0,97 \pm 0,21$ | $1,06 \pm 0,32$ | $1,15 \pm 0,19$ |
| sin inocular | $0,49 \pm 0,25$ | $0,80 \pm 0,17$ | $1,13 \pm 0,16$ | $1,08 \pm 0,41$ |
| BAL-lev | $0,49 \pm 0,25$ | $0,70 \pm 0,37$ | $0,92 \pm 0,51$ | $1,05 \pm 0,32$ |
| IH plus | $0,49 \pm 0,25$ | $0,98 \pm 0,20$ | $1,15 \pm 0,47$ | $1,34 \pm 0,21$ |

Tabla 6. Capacidad amortiguadora (meq. de NaOH mL⁻¹) de yogurt de yuca con y sin inoculantes a diferentes días de fermentación.

| Tratamiento | Día | | | |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 8 | 16 | 24 |
| BAL (control) | 0,13 ± 0,07 | 0,24 ± 0,06 | 0,25 ± 0,08 | 0,28 ± 0,08 |
| sin inocular | 0,13 ± 0,07 | 0,20 ± 0,04 | 0,27 ± 0,04 | 0,27 ± 0,10 |
| BAL-lev | 0,13 ± 0,07 | 0,19 ± 0,11 | 0,21 ± 0,12 | 0,26 ± 0,11 |
| IH plus | 0,13 ± 0,07 | 0,25 ± 0,05 | 0,27 ± 0,13 | 0,32 ± 0,16 |

ácido lácticas (BAL), como se propone en el método de Rodríguez *et al.* (2008).

Discusión

La similitud en los resultados entre los tratamientos se puede explicar por la actividad de la micro flora natural presente en el jugo de caña y en la yuca.

El pH, tanto de la pasta de yuca con agua como con lactosuero disminuyó significativamente a los 8 días ($p < 0,05$), y a partir de ese día se mantuvo prácticamente sin cambio. La adición de lactosuero permitió que tanto la producción de ácidos orgánicos y metabolitos con capacidad de intercambio catiónico se incrementara de manera constante durante los 24 días en que se monitoreó la fermentación (diferencia estadística entre periodos de tiempo $p < 0,05$).

La disminución del pH es deseable en los procesos fermentativos para inhibir el crecimiento de la microflora patógena (Cury-Regino *et al.*, 2014). En este trabajo el pH más bajo se obtuvo a los 24 días con lactosuero ($p < 0,05$) en comparación con los otros tratamientos, con valores similares a los reportados por Londoño *et al.* (2010) para la fermentación de lactosuero en la elaboración de bebidas, lo que se traduce en la inhibición de contaminación por patógenos.

Los mejores resultados de producción de ácidos orgánicos (1,69 g L⁻¹) y capacidad amortiguadora (0,41 meq NaOH) se obtuvieron utilizando lactosuero. Al respecto Jasaitis *et al.* (1987) observaron que la capacidad amortiguadora fue alta en ensilados con un contenido proteico alto, debido a la presencia de aminoácidos, los cuales se encuentran en las proteínas que contiene el lactosuero. Por otra parte, las mejoras en la fermentación se pueden explicar debido a que la lactosa contenida en el lactosuero es una fuente energética y de nutrientes natural para las bacterias ácido lácticas (Cury-Regino, 2014).

Se concluye que la adición de lactosuero y guarapo mejoró significativamente las características químicas y el proceso fermentativo en la

elaboración de yogurt a partir de pasta de yuca. La adición de lactosuero a la pasta de yuca como fuente adicional de energía contribuyó a prolongar su fermentación.

Los inoculantes no incidieron en la elaboración de este producto al no mejorar su composición química. No obstante, se recomienda, siempre que se cuente con ellos, adicionarlos para garantizar la fermentación y favorecer la inhibición de la microfauna no deseable. Además, se sugiere realizar pruebas experimentales donde se evalúe la alimentación de pollos y cerdos con pasta de yuca fermentada con lactosuero y guarapo.

Agradecimientos

A los compañeros Pablo J. Beretervides Rodríguez, Dra. Maykelis Díaz Solares, Dr. Félix Ojeda García, Tec. Yaneisi Álvarez Galán, al MSc. Rafael Herrera González y a la Tec. Nancy Altunaga Pérez de la EEPF Indio Hatuey.

Referencias bibliográficas

- Almaguel, R. E.; Piloto, J. L.; Cruz, E.; Mederos, C. M. & Ly, J. Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde. *LRRD*. 23 (1). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd23/1/alma23001.htm>. [07/07/2017], 2011.
- AOAC. *Manual of official methods of analysis*. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1995.
- Beovides-García, Y.; Milián-Jiménez, Marily D.; Coto-Arbelo, O.; Rayas-Cabrera, Aymé; Basail-Pérez, Milagros; Santos-Pino, Arletys *et al.* Caracterización morfológica y agronómica de cultivares cubanos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Cultivos Tropicales*. 35 (2):43-50, 2014.
- Cury-Regino, Katia; Arteaga-Márquez, Margarita; Martínez-Flórez, G.; Luján-Rhenals, D. & Durango-Villadiego, Alba. Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y des-

- proteínizado) utilizando *Lactobacillus casei*. *Rev. Colomb. Biotechnol.* 16 (1):137-145, 2014.
- Guira, F.; Some, K.; Kabore, D.; Sawadogo-Lingani, H.; Traore, Y. & Savadogo, A. Origins, production, and utilization of cassava in Burkina Faso, a contribution of a neglected crop to household food security. *Food Sci. Nutr.* 5 (3):415-423, 2016.
- INIVIT. *Manual de procedimientos para la producción de raíces y tubérculos y plátanos*. Villa Clara, Cuba: Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales, 2011.
- Jasaitis, D. K.; Wohlt, J. E. & Evans, J. L. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 70 (7):1391-1403, 1987.
- Levic, Jovanka; Prodanovic, Olivera & Sredanovic, Slavika. Understanding the buffering capacity in feedstuffs. *Biotech. Anim. Husb.* 21 (5-6):309-313, 2005.
- Lezcano-Perdigón, P.; Berto, D. A.; Bicudo, S. J.; Curcelli, F.; González-Figueiredo, Priscila & Valdivie-Navarro, M. I. Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento. *REVAIA.* 18 (3):41-47, 2014.
- Londoño, Margarita M.; Sepúlveda, J. U. & Hernández, A. Utilización del suero de queso fresco en la elaboración de bebida fermentada con cultivos probióticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 20 (2):53-57, 2010.
- Oliveira, E. J.; Ferreira, C. F.; Santos, V. S. & Oliveira, G. A. Development of a cassava core collection based on single nucleotide polymorphism markers. *Genet. Mol. Res.* 13 (3):6472-6485, 2014.
- Rodríguez, S.; Folguera, M. L.; García, M. & Rojas, R. *Nuevas oportunidades para el uso de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en la alimentación del cerdo*. Villa Clara, Cuba: Instituto de Viandas Tropicales, 2008.
- Zacarias, J. B. *Alimentación de pollos de engorde, gallinas ponedoras y sus remplazos con harina de yuca (Manihot esculenta Crantz) y aceite de palma africana (Elaeis guineensis Jacq.) con impacto económico para Angola*. Tesis doctoral. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2012.

Recibido el 12 de septiembre del 2017

Aceptado el 19 de enero del 2018