

Inclusión de residuos de panadería en algunos metabolitos e indicadores bromatológicos de la fermentación en estado sólido del bagazo de manzana

Yamicela Castillo¹, O. Ruiz², C. Angulo², C. Rodríguez², A. Elías³ y O. La O³

¹División Multidisciplinaria en Nuevo Casas Grandes, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

²Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua, México

³Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Correo electrónico: ycastillo75@yahoo.com

Se evaluó el efecto de niveles de inclusión de residuos de panadería (RP) (0, 15, 30 y 45 %) con bagazo de manzana (BM) en los indicadores bromatológicos, pH y conteo de levaduras, mediante utilización de la fermentación en estado sólido (FES) en diferentes tiempos (0, 24 y 48 h), con un diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial (4x3) y seis repeticiones. Los residuos de panadería consistieron en recortes de pan blanco, pan integral y pan dulce. El pH aumentó independientemente del tratamiento, a medida que se incluyó RP con valores que fluctuaron entre 4.07 y 5.44, con disminución a medida que transcurrió el tiempo de fermentación en los cuatro tratamientos ($P \leq 0.0008$). Los conteos de levaduras expresados en log10 aumentaron a través del tiempo de fermentación en todos los tratamientos ($P \leq 0.0001$), con valores que oscilaron entre 7.41 y 10.71 en dependencia del tratamiento específico, excepto en el control, donde los tiempos 24 y 48 h se mantuvieron sin diferencias. Los tratamientos 30 y 45 % de residuos de panadería (RP) incrementaron significativamente ($P < 0.001$) los conteos de levaduras, con respecto al control y 15 % de inclusión de RP. La materia seca (MS) al inicio de la fermentación (hora 0) aumentó ($P \leq 0.0001$) a medida que se elevaron los niveles de RP (79.98, 84.86, 86.78 y 87.90 %, respectivamente), pero disminuyó significativamente con los tiempos de fermentación a la hora 0, con aumento a las 24 h en los tratamientos de 15 y 30 %, pero sin diferencias significativas a las 48 h al inicio de la fermentación. El extracto etéreo (EE) también aumentó significativamente con el incremento de los RP y con el transcurso de las horas de fermentación, en los tratamientos con 15, 30 y 45 % de RP. La fibra cruda (FC) disminuyó ($P \leq 0.0001$) con el nivel creciente de RP. La proteína bruta (PB) decreció significativamente, a medida que se incrementó el nivel de RP, con valores que variaron desde 25.9 - 19.1, 27.0 - 22.9 y 28.6 - 21.6 para las 0, 24 y 48 h, respectivamente. Sin embargo, la proteína verdadera (PV) aumentó ($P \leq 0.0001$), a medida que se incrementó el nivel de RP y transcurrió el tiempo de fermentación en todos los tratamientos. Se concluye que la inclusión de niveles crecientes de RP mejoró sustancialmente los indicadores fermentativos y bromatológicos en los productos finales.

Palabras clave: *fermentación, bagazo de manzana, residuos de panadería, bromatología.*

El cultivo del manzano está estrechamente ligado al desarrollo agrícola del estado de Chihuahua. En el año 2005 se alcanzó una producción promedio de 409,778 t (SAGARPA 2005), destinándose 29 % a la extracción de jugo. De estas actividades frutícolas se derivan dos subproductos ricos en azúcares: la manzana de desecho y el BM. El bagazo de manzana fresco es probablemente uno de los subproductos más abundantes del procesamiento industrial, y representa entre 15 y 30 % de la fruta procesada. Incluye en su composición, entre otros compuestos, azúcares solubles (fructuosa), pectinas (Vicente *et al.* 2005) y levaduras (Martorell 2006). Sin embargo, su utilización en la alimentación animal se ha visto limitada, debido a la baja proporción de fibra efectiva, alta humedad y bajo contenido proteico (Vicente *et al.* 2005).

Chihuahua también posee una importante industria manufacturera de fabricación de pan, pero los residuos que de ella se generan no se aprovechan eficientemente. Está demostrado que para mejorar el valor nutritivo de los subproductos agroindustriales, la fermentación en estado sólido (FES) promueve el crecimiento de microorganismos presentes en estas materias primas y constituye uno de los métodos más eficaces para la degradación de sustratos lignocelulósicos. Además, aumenta la calidad y cantidad de la proteína y es una de

las opciones para el saneamiento ambiental (Elías *et al.* 2001 y Rodríguez *et al.* 2001), ya que los desechos de la industria alimentaria contribuyen cada día más a la contaminación del medio ambiente. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la inclusión de niveles crecientes de RP en el pH y el conteo de levaduras e indicadores bromatológicos del BM fermentado para alimento animal.

Materiales y Métodos

Tratamientos y diseño. Se realizó un experimento a escala de laboratorio, completamente aleatorizado en arreglo factorial (4 x 3) y seis repeticiones. Se analizó el efecto de niveles de sustitución de bagazo de manzana (BM) por residuos de panadería (RP) (0, 15, 30 y 45 %), definidos como factor A, y el tiempo de la fermentación (TF) (0, 24 y 48 h), como factor B. Los muestreos se realizaron a las 0, 24 y 48 h.

Para desarrollar el experimento quedaron definidos cuatro tratamientos experimentales:

1. Control: 100 % de BM
2. A) 85 % de BM y 15 % de RP
3. B) 70 % de BM y 30 % de RP
4. C) 55 % de BM y 45 % de RP

Procedimiento experimental. Se empleó bagazo de manzana, procedente de la extracción del jugo

de manzanas de desecho de la fábrica CONFRUTA S.A, ubicada en la región manzanera de Col. Álvaro Obregón, en Chihuahua. Se utilizaron además, residuos de panadería, compuestos por recortes de pan blanco, integral y dulce, procedentes de diferentes panaderías de la Ciudad de Chihuahua. La tabla 1 presenta la composición bromatológica de estas materias primas. Las muestras de BM se tomaron aleatoriamente de la tolva final de desecho del producto y se refrigeraron a 4 °C en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio. El bagazo de manzana se mezcló con residuos de panadería, según tratamiento: 1.5 % de urea, 0.2 % de sulfato de amonio, 0.5 % de sales minerales ricas en macro y micro elementos, 2 % de un producto biológicamente activo rico en levaduras, lactobacilos y ácidos orgánicos, obtenido con melaza como fuente de energía y otros ingredientes locales. Para llevar a cabo la fermentación de estas mezclas, se utilizaron 72 matraces Erlenmeyer estériles, de 500 mL de capacidad, los cuales se llenaron con aproximadamente 340 g de la mezclas descritas anteriormente, según tratamientos. Todos los Erlenmeyer se taponaron con algodón y se incubaron a 32°C. La fermentación se realizó en condiciones estáticas. A las 0, 24 y 48 h se retiraron de la incubadora seis Erlenmeyer por cada tratamiento. El contenido de cada uno se recolectó, se homogenizó individualmente y se depositó en bolsas de plástico para el estudio de los diferentes indicadores.

Tabla 1. Composición química de las materias primas en base seca

Indicador	BM	RP
Materia seca (%)	14.6	92
Ceniza (%)	1.7	4.4
Extracto etéreo (%)	1.2	12.7
Fibra cruda (%)	16.6	1.3
Proteína cruda (%)	1.9	10.7
Azúcares totales (°Brix, %)	71.9	12.9

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados (\pm EE) del pH y conteos de levaduras (Log 10) en la FES del BM, con inclusión de distintos niveles de RP a través de los tiempos de fermentación

Indicador	Nivel de RP	Tiempos de fermentación (h)			EE \pm	Valor de P
		0	24	48		
pH	0	4.94 ^d	4.47 ^b	4.07 ^a	0.10	0.0008
	15	5.19 ^d	4.38 ^b	3.95 ^a		
	30	5.33 ^d	4.71 ^c	4.39 ^b		
	45	5.44 ^d	5.43 ^d	4.46 ^b		
Lev (log10)	0	7.41 ^a	7.78 ^c	7.83 ^c	0.03	0.0001
	15	7.55 ^b	8.22 ^d	10.02 ^g		
	30	8.19 ^d	8.80 ^e	10.68 ^h		
	45	8.26 ^d	9.18 ^f	10.71 ^h		

^{abcdefg} Literales diferentes entre filas y columnas difieren

Análisis fermentativo. Del sustrato homogenizado de cada uno de los Erlenmeyer, se tomaron 5 g, los que se colocaron en Erlenmeyer de 100 mL y se añadieron 45 mL de agua destilada estéril. Se agitó durante 30 min. en agitador mecánico, y luego se filtró a través de gases estériles. Al sobrenadante se le determinó el pH con un potenciómetro de mesa (HANNA). Se le realizó el conteo de levaduras, expresado en log10, según la técnica de cámara de Neubauer. Además se le determinaron los azúcares totales mediante un equipo portátil refractómetro (HANNA).

Análisis bromatológico. Se determinó la materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo y fibra cruda (FC), según la AOAC (2000), y la proteína verdadera (PV) por el método de Berstein (1970), citado por Meir (1986).

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los datos se realizó por el método del PROC MIXED del SAS (2002) para llevar a cabo el ANOVA y las comparaciones de medias entre tratamientos.

Resultados y Discusión

Se encontró interacción significativa ($P < 0.0008$) entre el nivel de inclusión de RP y el TF para el pH. A medida que aumentó el TF, el pH mostró disminución, siendo más marcada en los niveles 0 y 15 % de inclusión de RP (tabla 2). Además, solamente los valores de pH de los niveles 30 y 45 % de inclusión de RP fueron mayores ($P < 0.0001$) con respecto al tratamiento control, a las 48 h de fermentación. Estos resultados pudieran estar asociados a que los microorganismos presentes en los sustratos fermentados consumen los carbohidratos de fácil fermentación e intervienen en la reducción del pH por el aumento en la concentración de los ácidos orgánicos, como el ácido láctico y los grasos de cadena corta en el medio (Elías *et al.* 1990 y Castillo *et al.* 2009).

Los mayores valores de pH, en los niveles 30 y 45 %, en todos los tiempos de fermentación, se debieron probablemente al menor contenido de azúcares

rápida fermentables (Tuschner 2004), ya que a medida que se incluyó pan, aumentó la cantidad de almidón y, por ende, disminuyeron los contenidos de azúcares fermentables como la fructosa, que se encuentra abundantemente en la manzana (Anrique 2003).

Los datos del conteo de levaduras, expresados en \log_{10} , en los diferentes tratamientos a través del tiempo (tabla 2) mostraron interacción significativa ($P < 0.0008$) entre los niveles de inclusión de RP y el TF. La comparación entre medias mostró que la interacción de 30 y 45 % de inclusión de pan a las 48 h produjo conteos más altos de células de levaduras existentes en ese tiempo ($P < 0.001$). Los resultados más bajos en los conteos de levadura de tratamiento control, a las 0, 24 y 48 h con respecto a los niveles 30 y 45 % a las 48 h, se atribuyeron al bajo pH del ecosistema. Este se mantuvo en un rango de 4.94–4.07, que según Elías y Lezcano (1994) es letal para las levaduras. Castillo *et al.* (2009) encontraron resultados similares a los de este trabajo.

Los resultados de la composición bromatológica se muestran en el tabla 3. Los indicadores bromatológicos presentaron efecto de la interacción (RP con TF) ($P < 0.0001$).

La MS se incrementó a medida que aumentaron los niveles de RP, lo que se explica por el mayor porcentaje de MS en los RP con respecto al BM, según los datos citados por Cullison (1983) para los RP (91.6 %) y

Becerra (2006) en estudios con bagazo de manzana (19.20 %). La no inclusión de RP en el BM produjo una disminución de la MS con el aumento del tiempo de fermentación. Sin embargo, con el incremento de los RP se obtuvo aumento de la MS a las 24 h, para disminuir después a las 48 h, sin existir diferencias significativas con respecto a la hora inicial de la fermentación, con 15 y 30 % de inclusión. No se produjo cambio en la concentración de MS en el nivel de 45 % de inclusión a través del tiempo de fermentación.

Se conoce que la disminución de la MS en productos ricos en azúcares se debe a un proceso fermentativo de estos carbohidratos en FES, con incremento notable en la concentración de AGV totales y descenso del pH (Elías *et al.* 1990). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, que están relacionados con un mayor desarrollo microbiano y, consecuentemente, con un mayor uso de los nutrientes azucarados que forman parte de la MS del BM (Ruiz *et al.* 2008).

El EE también aumentó con el incremento de los RP, lo que se atribuyó al mayor contenido de este nutriente en este producto con respecto al BM (tabla 1), lo que representó una concentración 10.6 veces mayor.

En el tratamiento control, la concentración de EE se mantuvo en las primeras 24 h, para luego disminuir. Aunque no se determinó la actividad lipolítica, es posible que la biomasa bacteriana establecida pudiera sintetizar

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados (\pm EE) de la MS, EE, FC, PB y PV en la FES del BM, con inclusión de diferentes niveles de RP a través de los diferentes tiempos de fermentación

Indicador	Nivel de RP	Tiempos de fermentación (h)			EE \pm	Valor de P
		0	24	48		
MS	0	79.98 ^a	75.83 ^b	76.85 ^b	0.65	0.0001
	15	84.86 ^c	87.59 ^d	84.74 ^c		
	30	86.78 ^e	91.05 ^f	87.16 ^{de}		
	45	87.90 ^e	88.71 ^e	87.80 ^e		
EE	0	2.10 ^a	1.57 ^a	1.37 ^b	0.19	0.0001
	15	4.87 ^c	6.63 ^d	5.70 ^d		
	30	6.84 ^d	8.91 ^e	8.09 ^e		
	45	8.19 ^e	9.68 ^f	9.14 ^f		
FC	0	13.82 ^a	14.86 ^b	14.71 ^b	0.23	0.0001
	15	10.50 ^{cd}	10.02 ^c	10.63 ^d		
	30	7.74 ^e	7.61 ^e	7.37 ^e		
	45	6.83 ^f	7.07 ^{ef}	5.56 ^g		
PB	0	25.87 ^a	26.99 ^a	28.58 ^b	0.55	0.0001
	15	21.93 ^c	31.03 ^d	29.61 ^{bd}		
	30	20.02 ^e	26.50 ^a	24.42 ^f		
	45	19.13 ^e	22.89 ^c	21.63 ^c		
PV	0	8.13 ^a	7.74 ^a	7.98 ^a	0.45	0.0001
	15	10.17 ^b	14.38 ^c	15.08 ^c		
	30	11.50 ^d	15.08 ^c	13.89 ^c		
	45	12.23 ^d	14.42 ^c	14.32 ^c		

abcdefg Literales distintos entre filas y columnas difieren

algunas lipasas. Esta aumentó en los tratamientos donde se incluyeron los RP en las primeras 24 h, para luego mantenerse hasta las 48 h, debido al aumento de la MS que aportaron los RP, ricos en este nutriente. Con respecto a la FC, a medida que se incrementó el nivel de RP, tendió a disminuir, lo que está relacionado con el menor contenido fibroso de estos residuos (12.8 veces) (tabla 1). El mayor contenido de FC en los tiempos de 24 y 48 h de fermentación, con respecto a la hora inicial en el tratamiento sin inclusión de RP, fue quizá consecuencia de la rápida utilización de los carbohidratos fácilmente fermentables por parte de los microorganismos. Esto produce un efecto de dispersión de la fibra que repercute en su concentración, resultados similares obtuvieron Rodríguez *et al.* (2001). Con el incremento de los RP, la PB disminuyó, debido a que la inclusión (1.5 % de urea) fue constante, lo que produjo menor aporte de nitrógeno y, por tanto, de PB en los tratamientos, según aumentaron los niveles de MS al incrementarse los RP, lo que ocasionó dispersión de la PB. La PV aumentó en todos los tratamientos, a medida que se incrementó el nivel de RP y el TF, excepto en el tratamiento con 0 % de inclusión de RP. El aumento de la PV en la FES está estrechamente relacionado con el desarrollo de microorganismos (levaduras y bacterias) que se generan en el sistema. Estos utilizan al nitrógeno amoniacal como fuente nitrogenada y a los ácidos grasos como fuente de energía para sintetizar proteína unicelular (Elías *et al.* 2001). Resultados similares informaron Díaz *et al.* (2010), cuando utilizaron bagazo de manzana como sustrato en la FES.

Se concluye que los mejores valores de pH en los tratamientos donde se incluyó RP en la FES del BM permitieron obtener un producto rico en microorganismos, fundamentalmente levaduras, lo que incrementó las concentraciones de MS, EE y PV y disminuyó el contenido fibroso, mejorando las características bromatológicas.

Referencias

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- Anrique, R. 2003. Efecto de la pulpa de manzana ensilada en la ración de vacas lecheras sobre el consumo, la tasa de sustitución y la producción de leche. Archivos de medicina Veterinaria. 35:13
- Becerra, A. 2006. Aprovechamiento de subproductos de manzana mediante la producción de proteína microbiana con fermentación en estado sólido para la alimentación animal. Tesis Dr. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia, Chihuahua, México
- Castillo, Y., Ruiz, O., Elías, A., Arzola, C., Rodríguez, C., Ortega, J. A., La O, O., Holguín, C. & Ricardo, Y. 2009. Kinetics of fermentation of Apple residues. J. Anim. Sci. 87:90
- Cullison, A. 1983. Tablas sobre la composición de las materias primas. Alimentos y alimentación de animales. Ed. Diana. México. 420 pp.
- Díaz, D., Rodríguez, C., Mancillas, P., Angulo, C., Salvador, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.
- F., Arzola, C., Jiménez, A., Mena, S. & Elías, A. 2010. Producción de proteína microbiana a partir de manzana de desecho con fermentación en estado sólido a 32 °C. Rev. Electrónica Vet. 11:10
- Elías, A. & Lezcano, O. 1994. Efecto de los niveles de inclusión de harina de maíz en la fermentación de caña de azúcar. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 27: 269
- Elías, A., Lezcano, O. & Herrera, F. R. 2001. Algunos indicadores bromatológicos y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de Sacharinas inoculadas con Vitafert. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 35:153
- Elías, A., Lezcano, O., Lezcano, P. & Cordero, J. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). Rev. Cubana Cienc. Agríc. 24:1
- Martorrel, P. 2006. Desarrollo y aplicación de sistemas rápidos para la detección, identificación y caracterización de levaduras alterantes de alimentos. Tesis Dr. Universidad de Valencia. Departamento de Biotecnología. 221pp.
- Meir, H. 1986. Laborpraktikure tierernahurung und futtermittlrkunde fur tierproduzeten. Verlag, Germany
- Rodríguez, Z., Bocourt, R., Elías, A. & Madera, M. 2001. Dinámica de fermentación de mezcla de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomoea batata* Lam.). Rev Cubana Cienc. Agríc. 35:147
- Ruiz, O., Castillo, Y., Rodríguez, C., Elías, A., García, H., Arzola, C., La O, O. & Holguín, C. 2008. Caracterización bromatológica de un fermentado de bagazo de manzana bajo condiciones de microanaerobilidad. XXXVI Reunión Anual Asociación Mexicana de Producción Animal. Monterrey, Nuevo León. México. pp. 193-196
- SAGARPA. Secretaria de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación. 2005. Sistema integral de informaron agroalimentaria y pesca del estado de Chihuahua. Disponible: <http://www.sagarpa.gob.mx/gs>. Consultado: 24/2/2006
- SAS. Institute. 2002. SAS. User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Tuschner, A. 2004. Avances metodológicos orientados a predecir la aptitud de especies forrajeras para ser ensiladas. Tesis Dr. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile
- Vicente, F., Cueto, M. A., De la Rosa, B. & Argamentaría, A. 2005. Caracterización de subproductos de la manzana para su uso en nutrición animal. Disponible: http://www.aida_itea.org/jornada37/3nutricion/GRVNII/runii_vicentef2005.pdf. Consultado: 4/7/2006

Recibido: 8 de octubre de 2009