

Capítulo LXX

Aprovechamiento del lactosuero generado del procesamiento de la leche proveniente de Ganaderías Doble Propósito

Mónica Sofía Molero
Wilfido José Briñez

En Venezuela, los sistemas doble propósito (SDP) están basados en animales mestizos originados del cruzamientos de razas lecheras como: Holstein, Pardo Suizo y Criollos con animales Cebú y mosaicos propios de cada región. Estos sistemas generan los mayores aportes de leche y carne, que representan aproximadamente el 90% de la leche y el 50% de la carne que se produce a nivel nacional (Briñez *et al.*, 1995; 2008; Carrillo *et al.*, 2002; Briñez & Valbuena, 2011).

El lactosuero es un subproducto líquido obtenido después de la precipitación de la caseína durante la elaboración del queso (Parra, 2009), cuya composición y sus características dependerán del proceso tecnológico empleado y del tipo de leche. En este subproducto se retienen alrededor del 55% de los nutrientes originales de la leche (Walstra *et al.* 2001), sin embargo, tradicionalmente se ha considerado como un producto de desecho. Alrededor del 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera de los países industrializados es eliminada como lactosuero, a pesar que en Venezuela pudiera tener un aprovechamiento mayor se desconoce la tasa de eliminación. Diversos estudios estadísticos indican que una importante porción de este residuo es desechado a los afluentes, lo que trae como consecuencia un problema ambiental debido a su elevada demanda bioquímica de oxígeno, que afecta física y químicamente la estructura del suelo, disminuyendo el rendimiento de los cultivos agrícolas y contaminando las aguas debido a que agota el oxígeno disuelto (Aider *et al.*, 2009).

La industria quesera nacional desecha anualmente grandes volúmenes de lactosuero. De acuerdo a la información suministrada por CAVILAC (2008), en Venezuela ese año se produjeron alrededor de 750 millones de litros de lactosuero como resultado de la actividad quesera nacional, que abarca los sectores de quesos industriales, semi-industriales y artesanales. Los principales proveedores de leche a estas queseras son los rebaños SDP, por lo cual, el suero generado proviene de leche de estos rebaños.

De acuerdo a Faría *et al.* (2002), solo una cuarta parte del lactosuero producido en el país es utilizado para la alimentación humana y/o animal, el resto se desecha a las aguas con los consecuentes problemas de contaminación, sin darle un uso alternativo a este subproducto de alto valor nutricional. En este sentido, uno de los grandes retos que posee la industria láctea que procesa la leche proveniente de estos rebaños, es hacer el uso eficiente de este subproducto altamente proteico para el consumo humano, a la vez que contribuye a reducir la contaminación ambiental de los efluentes, ya que gran parte de este lactosuero es vertido como desecho en estos cuerpos de agua.

En los últimos años, se han desarrollado una serie de investigaciones en la búsqueda de alternativas para la utilización de este subproducto como alimento para uso humano y animal. Entre los productos de exitosa aceptación se encuentran bebidas lácteas fermentadas, concentrados de proteínas (Zadow, 2003), hidrolizados (Santana *et al.*, 2008) y fórmulas infantiles (Wit, 2003), entre otros, con gran utilidad para la alimentación humana a un bajo costo, además del beneficio adicional de reducir la fuerte contaminación ambiental que produce su descarte a los diferentes ecosistemas de este subproducto. Ante esta realidad, es un reto de gran interés para la industria láctea dirigido a generar industrias que permitan el aprovechamiento de este subproducto del procesamiento de la leche proveniente de SDP para generar alimentos de alto valor nutritivo a bajos costos.

CULTIVOS MICROBIANOS PARA PRODUCIR BEBIDAS FERMEN-TADAS

Los cultivos utilizados para la producción de bebidas fermentadas a partir del lactosuero pertenecen al grupo de las bacterias ácido lácticas (BAL), muy utilizadas en la industria alimentaria fundamentalmente por su implicación en la textura, sabor, olor y desarrollo de aroma de alimentos fermentados (Axelsson, 1993).

Las BAL pertenecen a un grupo de microorganismos llamados cultivos lácticos o iniciadores. Se emplean en la industria láctea para la elaboración de leches fermentadas, quesos, mantequilla y otros productos que, para su obtención requieren ser fermentados (Bouzar *et al.*, 1997). En un estudio realizado por Oliveira *et al.* (2002) se destaca la elaboración de una bebida láctica fermentada utilizando cultivos probióticos semejantes al yogurt tales como *Sreptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbruekii* ssp *bulgaricus* y cultivo probiótico de *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus rhamnosus*. Katechaki *et al.* (2010) realizaron un estudio del secado térmico del *L. delbruekii* subsp. *bulgaricus* y su uso eficiente como iniciador en la fermentación del lactosuero y en la fabricación del queso. Por otra parte, Montero *et al.* (2009) utilizaron *L. casei* como inóculo para fermentar lactosuero que será utilizado en becerros. El cultivo trabajado contenía 1×10^7 UFC/ml de suero en el proceso de fermentación.

El kéfir también ha sido una alternativa como cultivo iniciador en la producción de bebidas a partir del lactosuero. El kéfir es una bebida láctea fermentada, la cual es elaborada inoculando leche con granos de kéfir, los cuales contienen una mezcla de levaduras y BAL. Este grano es irregular y su tamaño varía de 3 a 35 mm de diámetro, contiene bacterias como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* y una mezcla de levadura, acoplado con caseína y azúcar a través de una matriz de polisacáridos deno-

minada kefirán (Guzel *et al.*, 2005). En el mismo sentido, Teixeira *et al.* (2010) produjeron una bebida fermentada a base de lactosuero utilizando granos de kéfir como cultivo iniciador y de forma similar, Kourkoutas *et al.* (2002) realizaron una fermentación continua del lactosuero utilizando levadura de kéfir.

Levaduras como *Kluyveromyces marxianus* también han sido utilizadas como cultivos, siendo considerada como una de las pocas levaduras que posee la capacidad de hidrolizar la lactosa y fermentar los azúcares eficientemente (Gouch *et al.*, 1996). Esta levadura ha sido aislada de fruta, queso, yogurt (Maubois, 1989), leche (Roostita *et al.*, 1996) y ha sido utilizada en el procesamiento del lactosuero. Padín *et al.* (2009) han trabajado en la fermentación alcohólica del lactosuero, utilizando esta levadura y solventes orgánicos como extractantes. Asimismo, Dragone *et al.* (2009) realizaron un trabajo asociado con la caracterización de los componentes volátiles en una bebida alcohólica producida a base de lactosuero, en el cual el *Kluyveromyces marxianus* ATCC22 fue el microorganismo utilizado en la experiencia.

PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS FERMENTADAS

En los últimos años, la industria láctea ha tratado de desarrollar productos fermentados para aprovechar el suero que se genera en grandes cantidades en sus procesos. Uno de los productos que se han desarrollado son las bebidas fermentadas a base de lactosuero; el desarrollo de estas bebidas ha sido dirigido a mejorar sus características organolépticas, mediante la adición de oligofructosa, hidrocoloides y frutas procesadas, entre otras. Asimismo, se han elaborado bebidas partiendo de suero en polvo, suero líquido, combinación con leche de soya o leche completa, entre otras materias primas utilizadas.

Para desarrollar una bebida láctea, Oliveira *et al.* (2002) emplearon leche completa pasteurizada y leche desnatada, mezcladas con leche en polvo desnatada para obtener 130 g/L de sólidos totales y 26 g/L de grasa, siendo suplementada con 20 g/L de hidrolizado de caseína. La mezcla se sometió a un tratamiento térmico a 90°C durante 10 minutos y fue enfriado a 4°C, siendo almacenado 24 h antes de su uso. La fermentación se llevó a cabo con incubación a 42°C hasta alcanzar un pH de 4,3. Por otra parte, el proceso desarrollado por Fiorentini *et al.* (2011), consistió en utilizar suero en polvo disuelto en agua en una relación 1:2 (suero en polvo:agua), inmediatamente antes de su uso. Las bebidas fueron preparadas mezclando 40% de leche completa, 30% de extracto hidrosoluble de grano de soya y 10% de azúcar. La mezcla fue tratada térmicamente a 90°C por 5 minutos y luego enfriada hasta la temperatura de fermentación. Se evaluaron dos temperaturas de fermentación, a 37 y 45°C. La incubación se realizó hasta alcanzar un pH entre 4,5 y 5,0. Al finalizar, la bebida láctea fue enfriada a 20°C, homogeneizada y distribuida en botellas de plástico. Se almacenó a 7°C por 21 días.

En el mismo sentido, Hernández *et al.* (2007) prepararon una bebida a base de lactosuero reconstituido, adicionado de 7% de sacarosa y 0,4 % de pectina, desarrollando tres tratamientos por inoculación de cepas probióticas en diferentes relaciones. La bebida inoculada fue incubada en botellas de vidrio esterilizadas a 37°C en condiciones anaeróbicas. Se almacenó a 4°C por 30 días. Por otro lado, Padín *et al.* (2009)

emplearon suero en polvo reconstituido al 20% p/p (conteniendo 128 g/L de lactosa); se prepararon fiolas de 400 mL conteniendo 100 mL de lactosuero reconstituido, inoculados al 10% v/v con un cultivo de *kluveromyces marxianus* en la fase exponencial, incubados a 30°C y agitados a 200 rpm. Al cabo de 8 horas, se adicionaron 100 mL de solventes seleccionados (ácido oleico y aceite de soya) en relación 1:1 en sus respectivas fiolas, manteniéndolos en las mismas condiciones experimentales por 30 horas.

Se han realizado diferentes intentos a nivel mundial para desarrollar diferentes productos fermentados a partir de suero de quesería, pero ninguno documentado y patentado en Venezuela, por lo que se requieren activar esas faltas para lograr un mejor aprovechamiento a este subproducto altamente contaminante, nutritivo y muy barato.

CALIDAD SENSORIAL DE LAS BEBIDAS FERMENTADAS

De acuerdo con Almeida *et al.* (2000) y Miller *et al.* (2007), la utilización del lactosuero en bebidas lácteas da como resultado un producto con muy buena aceptación por parte de los consumidores. En el proceso de elaboración, es imprescindible que las bebidas posean propiedades sensoriales adecuadas que permitan garantizar la aceptación de los consumidores. A pesar que la demanda de bebidas fermentadas a base de lactosuero ha venido en aumento en algunos países del mundo, no existen muchos estudios acerca de la calidad sensorial de las bebidas elaboradas a partir de este subproducto. Dalev *et al.* (2006), realizaron una evaluación sensorial de bebidas fermentadas a base de lactosuero y soya, utilizando el Análisis de Descripción Cuantitativa (QDA).

Este método, se distingue de otros métodos de análisis sensorial en que se busca el perfil de un producto en todas sus características sensoriales percibidas. Fueron evaluados varios productos, trabajando con una bebida control no fermentada a base de soya. Los resultados del análisis mostraron que las bebidas evaluadas poseían agradable y placentero olor y sabor. Por su parte, Gallardo *et al.* (2007), realizaron una evaluación sensorial de una bebida fermentada a base de lactosuero con adición de hidrocoloides. En este trabajo participaron nueve evaluadores entrenados en análisis sensoriales, a quienes se les entregaron muestras de la bebida, controlando las condiciones ambientales. Los resultados mostraron que al adicionar hidrocoloides a la bebida se enmascara una sensación grasosa en la boca, lo cual era un beneficio y un atractivo para estos productos.

Por su parte, Londoño *et al.* (2008), realizaron una evaluación sensorial de la bebida fermentada a base del suero de queso fresco inoculada con *L. casei*. Se utilizaron 80 jueces consumidores potenciales del producto. La bebida fue altamente aceptada, recibiendo una calificación de “me gusta”, aceptación que se mantuvo durante el período de conservación de 21 días. Asimismo, Teixeira *et al.* (2011), realizaron una evaluación sensorial de bebidas a base de lactosuero utilizando granos de kéfir como cultivo iniciador. Para todas las propiedades evaluadas las bebidas mostraron buena aceptación. También, Assadi *et al.* (2008), evaluaron el potencial tecnológico de varias relaciones de bacterias ácido lácticas, levaduras y bacteria ácido acética aislada de granos de kéfir como cultivos iniciadores en bebidas fermentadas a base de lactosuero.

Las bebidas producidas con estos cultivos iniciadores mostraron muy buena calidad organoléptica.

VIABILIDAD DE LAS BEBIDAS DURANTE LA CONSERVACIÓN

Existen factores físico-químicos que pueden influenciar la supervivencia de los microorganismos en las bebidas fermentadas, siendo los más importantes: acidez, temperatura, concentración de oxígeno, inoculación y condiciones de almacenamiento. Teóricamente, se espera que durante un tiempo razonable, el producto logre mantener las características que lo definen, de modo que se pueda garantizar calidad al consumidor. Por tal motivo, gran parte de los trabajos realizados evalúan la calidad de la bebida durante la conservación. Al respecto, Londoño *et al.* (2008), realizaron pruebas para evaluar la viabilidad de la bebida a base de suero. Para ello, se realizaron recuentos en dos agares, MRS y M17, tanto a pH ácido (2,4) como a pH neutro (7,2). La vida útil del producto se consideró de 21 días.

En otra investigación, se realizó un análisis microbiológico de 4 bebidas preparadas a base de lactosuero inoculadas con cultivos probióticos (Oliveira *et al.*, 2002); las mismas fueron analizadas después de 1, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento a 4°C. Se emplearon agar MRS-bilis, MRS y M17 para recuperar las bacterias empleadas como cultivos iniciadores. Aunque el conteo de probióticos disminuyó durante el almacenamiento de 28 días, se observó que las bebidas contenían un promedio de $5,3 \times 10^6$ UFC/mL de probióticos después de los 28 días de almacenamiento, muy cerca de 10^7 UFC/mL, el cual es el nivel sugerido por distintos autores para ejercer un efecto promotor de la salud. Por su parte, Fiorentini *et al.* (2011) realizaron un recuento de bacterias lácticas viables después de 7, 14 y 21 días de almacenamiento bajo refrigeración (7 C), de bebidas preparadas a base de lactosuero y adición de grano de soya. La viabilidad de todas las bacterias probióticas estuvo sobre 10^6 UFC/mL, lo cual garantizaba cierto efecto promotor de la salud.

CONCLUSIONES

La utilización del lactosuero en la industria láctea para la elaboración de bebidas lácteas fermentadas es una alternativa viable para producir un alimento de alto valor nutricional a bajo costo, a la vez que disminuye la contaminación ambiental y se aprovecha el uso de un subproducto a bajo costo. La disponibilidad y las características físico-químicas del lactosuero hacen que con este subproducto se puedan elaborar bebidas con alto potencial alimenticio. La adición de las bacterias ácido-lácticas (BAL) incrementa este potencial y los efectos positivos sobre la salud humana. Las BAL pueden permanecer por varios días en las bebidas, lo cual les confiere un valor como probiótico. Las bebidas elaboradas con base a lactosuero tienen gran aceptación por parte de los consumidores, debido a sus agradables características organolépticas cuando se emplean aditivos adecuados. Sin duda, pudieran ser una alternativa viable para aprovechar los grandes volúmenes de lactosuero generados en Venezuela del procesamiento de la leche de SDP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aider M, Melnikova H. 2009. Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: impact of processing conditions. *Innov Food Sci Emerg Techn* 10 (3): 334-341.
- Almeida K de, Bonassi I, Rocca R de O. 2000. Avalao Sensorial de Bebida láctea preparada com diferentes teores de soro, utilizando-se dois tipos de cultura láctica. In: *Anais XVIII Cong Nacional de Lactínicos*. Juiz de Fora. Rev Instituto Lactínicos Candido Tastes 55: 7-13.
- Assadi M, Abdolmaleki F, Mokarrame R. 2008. Application of whey in fermented beverage production using kefir starter culture. *Nutr Food Sci* 38: 21-127.
- Axelsson L. 1993. Lactic acid bacteria classification and physiology. Ed. Nueva York.
- Bouzar F, Cerning J, Desmazeaud M. 1997. Exo-polysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production. *J Dairy Sci* 80: 2310-2317.
- Briñez WJ, Valbuena E. 2011. Calidad y composición de la leche cruda en vacas doble propósito en Venezuela. En: *Innovación y tecnología en la ganadería doble propósito*. González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Soto Beloso E (eds). Edit. Astro Data C.A. Maracaibo 10: 920-932.
- Briñez WJ., Faría JF, Isea W, Aranguren JA, Valbuena E. 1995. Producción y algunos parámetros de Calidad de la Leche Cruda Mestizas en Venezuela. *Rev Argent Prod Anim* 15 (3/4):1010-1012.
- Carrillo C, Celis G, Paredes L, Hidalgo Vargas T. 2002. Estudio técnico económico y de sensibilidad de un sistema doble propósito leche-carne ubicado en el municipio Colón. Estado Zulia. *Zoot Trop* 20 (2): 205-221.
- CAVILAC. 2008. La industria lechera en Venezuela: su evolución. Cámara Venezolana de Industrias Lácteas.
- Dalev D, Bielecka M, Troszynska A, Ziajka S, Lamparski G. 2006. Sensory Quality of New Probiotic Beverages Based on Cheese Whey and Soy Preparation. *Pol J Food Nutr Sci* 15 (1): 71-77.
- Dragone G, Mussatto S, Oliveira J, Teixeira J. 2009. Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Food Chemistry* 112: 929-935.
- Faría J, García A, Hernández A. 2002. Efecto de la tecnología quesera sobre la composición del suero lácteo. *Multiciencias* 2 (2): 126-130.
- Fiorentini A, Ballus C, de Oliveira M, Cunha M, Vera M. 2011. The influence of different combinatios of probiotic bacteria and fermentation temperatures on the microbiological and physicochemical characteristics of fermented lactic beverages containing soybean hidrosoluble extract during refrigerated storage. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* (31): 3.
- Gouch S, Flynn O, Hack C, Marchant R. 1996. Fermentation of molasses using thermo-tolerant yeast, *Klyuveromyces marxianus* IMB3: simplex optimization of media supplements. *Applied Microb Biotech* 2: 187-190.
- Guzel Z, Wyffels J, Seydim A, Greene A. 2005. Turkish kefir and kefir grains. microbial enumeration and electron microscopic observation. *Intern J Dairy Techn* 58: 25-29.

Hernández A, Robles V, Angulo J, De la Cruz J, García H. 2007. Preparation of a whey-Based Probiotic with *Lactobacillus reuteri* and *Bifidobacterium bifidum*. *Food Tech Biotech* (45) 1: 27-31.

Katechaki E, Solomonidis T, Bekatorou A, Koutinas A. 2010. Thermal Drying of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* and its Efficient Use as Starter for Whey Fermentation and Unsalted Cheese Making. *Appl Bioch* (1) 162: 1270-1285.

Kourkoutas Y, Psarianos C, Koutinas A, Kanellaki M, Banat I, Marchant R. 2002. Continuous whey fermentation using kefir yeast immobilized on Delignified Cellulosic Material. *J Agric Food Chem* 50: 2543-2547.

Londoño M, Sepúlveda J, Hernández A, Parra J. 2008. Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Rev Fac Nac Agron. Medellín.* 6 (1): 4409-4421.

Maubois J. 1989. Whey, its biotechnological signification. *Biotechnology* 2: 814-824.

Miller G, Jarvis JK, McBean L 2000. *Handbook Dairy Prod Nutrition*. Boca Ratón, FL: CRC Press.

Montero M, Juárez F, García H. 2009. Suero de leche fermentado con Lactobacilos para la alimentación de Becerros en el Trópico. *Agrociencia* 43: 585-593.

Oliveira M, Sodini I, Remeuf F, Tissier J, Corrieu G. 2002. Manufacture of Fermented Lactic Beverages Containing Probiotic cultures. *J Food Sci* (67) 6: 2336-2341.

Padín C, Díaz M. 2009. Fermentación alcohólica del lactosuero por *Kluyveromyces marxianus* y solventes orgánicos como extractantes. *Rev Soc Venez Microb* 29: 110-116.

Parra R. 2009. Lactosuero. Importancia en la industria de alimentos. *Rev Fac Nac. Agr. Medellín.* (62) 1: 4967-4982.

Roostita R, Fleet G. 1996. Growth of yeast in milk and associated changes to milk composition. *Intern Food Microb* 31: 205-219.

Santana M, Rolim E, Carreiras R, Oliveira V, Pinto M. 2008. Obtaining oligopeptides from whey: Use of subtilisin and pancreatin. *Amer J food Techn* (3) 5: 315-324.

Teixeira K, Pereira M, Nicolau A, Dragone G, Domingues L, Teixeira J, de Almeida J, Freitas R. 2010. Production of fermented cheese-whey beverage using kefir grains as starter culture: evaluation of morphological and microbial variations. *Bioresource Techn* 101: 8843-8850.

Walstra P, Geurts T, Noomen A, Jellema A, Van Boekel M. 2001. *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. 1ª ed. Zaragoza, España. Editorial Acribia.

Wit J. 2003. Dairy ingredients in non-dairy foods. *Encycl. Food Sci Techn.* Wiley, Nueva York.

Zadow J. 2003. Protein concentrates and fractions. *Encycl Food Sci Techn.* Wiley, Nueva York.