

Aprovechamiento de efluentes lácteos: incorporación de lactosuero en la formulación de yogur

Silvana Prada, Jimena Arnoldi, Anahi Cuellas*

Departamento de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de Quilmes.

Bernal, Buenos Aires, Argentina

*acuellas@unq.edu.ar



Resumen

Con el objetivo de aprovechar el valor nutricional del suero de quesería y minimizar los efectos de contaminación del mismo se desarrolló un producto lácteo fermentado con una alta proporción de suero en su formulación. Siguiendo el protocolo industrial para la elaboración de yogur, se evaluaron distintos porcentajes de sustitución de leche por lactosuero y el efecto del agregado de hidrocoloides en las propiedades organolépticas del producto final. Los ensayos incluyeron las pruebas reológicas, sensoriales y microbiológicas solicitadas por el Código Alimentario Argentino. El trabajo se llevó a cabo en la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Quilmes, en el "Laboratorio de Propiedades Funcionales de los Alimentos", fue dirigido por la docente investigadora Anahi V. Cuellas y presentado como trabajo final de la carrera Ingeniería en Alimentos por las alumnas Jimena Arnoldi y Silvana Prada.

Introducción

Los quesos constituyen el principal destino de la leche en la Argentina, el suero lácteo es el único subproducto remanente en el proceso de elaboración. Este efluente comprende entre un 80 a 90% del volumen total de leche procesada para la fabricación de queso y contiene

cerca del 50% de los sólidos de la leche, incluyendo proteínas solubles (ricas en aminoácidos azufrados, triptófano y lisina), lactosa en una concentración igual que en la leche, minerales y vitaminas (Atra y col., 2005; Cuellas, 2008; Smithers, 2008).

Según datos de la Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca, en el 2012 la producción de leche se estimó en 11.338 millones de litros, de los cuales se destinaron 4.610 millones de litros anuales para la elaboración de queso, provocando un volumen de efluente cercano a los 4.000 millones de litros anuales. Por cada 1000 litros de lactosuero se generan cerca de 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO) (Cuellas y Wagner, 2010). El 45% del suero lácteo se procesa, mientras que el 55% restante se destina a la alimentación animal o se vuelca como desecho industrial a lagos, lagunas y ríos aledaños a las queserías, provocando un incremento en los niveles de contaminación.

El poder contaminante del suero lácteo y su atractivo valor nutricional han incentivado el desarrollo de investigaciones orientadas hacia su aprovechamiento a escala industrial (Monsalve y González, 2005). El proceso de globalización e innovación tecnológica trajo aparejado la incorporación de conductas de gestión ambiental. La complejidad del tratamiento a efectuar depende de múltiples factores asociados al tipo y tamaño de la empresa y la composición particular del efluente generado y en muchos casos se requieren inversiones que resultan altamente costosas para algunas PyMEs del sector (Cuellas y Wagner, 2008). Si bien la tecnología de separación por membrana ha posibilitado la recuperación de proteínas, su implementación representa una inversión importante en equipamiento y un costo considerable de proceso, siendo viable sólo en plantas que procesan más de 300.000 l/día de leche (Grasselli, 1997; Jelen, 2003; González Cáseres, 2012). Debido al elevado costo de las maquinarias necesarias para el tratamiento del efluente, no se ha observado una evolución similar en empresas más chicas y Pymes.

El pequeño y mediano productor quesero en general no dispone de recursos ni equipos industriales para el tratamiento del lactosuero, ni de sistemas de

Tabla 1 - Relación del tamaño de empresa con el empleo del lactosuero (González, 2013)

Capacidad de procesamiento de leche	% Empresas Queseras	Destino del lactosuero
Hasta 10.000 l/día	47	Volcado a ríos y lagunas/ alimento porcino
Entre 10.000 y 50.000 l/día	35	Volcado a ríos y lagunas/ alimento porcino/ricota
Entre 50.000 y 250.000 l/día	13	Ricota/ separación por membrana de ultrafiltración
Mas de 250.000 l/día	5	separación por membrana de ultrafiltración / lactosa grado farmacoepa

tratamiento de aguas residuales. Algunos han implementado piletas de recolección de suero para su uso en alimentación de ganado porcino, sin embargo el nivel de efluentes producido excede esa conducta y exige la incorporación de tratamientos y soluciones más complejas (Sánchez *et al*, 2012). En la tabla 1 se presenta el destino del efluente lácteo en relación con el tamaño del establecimiento quesero.

La investigación científico-tecnológica sobre la recuperación y revalorización de este efluente es de vital importancia, tanto para su aprovechamiento integral como para el desarrollo de métodos simples y económicos aplicables en la mediana y pequeña industria (Miranda, 2007).

Como principal objetivo de este trabajo se propone emplear el lactosuero como materia prima de la industria alimentaria para elaborar yogur, un producto lácteo que utiliza una tecnología sencilla, de fácil implementación en pequeñas y medianas empresas queseras.

Materiales y métodos

Materiales

Suero de queso en polvo, Lácteos Vidal S.A. Leche entera ultra pasteurizada, Armonía. Cultivo Lácteo FD-DVS YF-L812 Yo- Flex, compuesto por *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Sacarosa, Ledesma S.A. Hidrocoloides: Goma Xántica (El Bahiense), Goma Guar (El Bahiense), Gelatina (El Bahiense), Yog P (HIS Ingrediens Solutions) y Yog PB (HIS Ingrediens Solutions). El suero en polvo fue reconstruido al 5% p/v, tal como se encuentra naturalmente en el efluente lácteo.

Métodos

La formulación del producto se organizó en cuatro etapas diferenciadas que se muestran en la tabla 2. Según el Código Alimentario Argentino:

1) Se entiende por Leches Fermentadas a los productos, adicionados o no de otras sustancias alimenticias, obtenidos por coagulación y disminución del pH de la leche o leche reconstituida, adicionada o no de otros produc-

his
Ingredients Solutions

CREATIVIDAD E INNOVACION EN LA INDUSTRIA LACTEA

Conservantes Biológicos - Natamicina, Nisina y Lisozima. Antioxidantes naturales en base a Tocoferoles.

Estabilizantes para yogurt, crema, dulce de leche y otros. Vitaminas y premezclas *Tailor-made*

Agente reductor de colesterol - HIS Down Col

www.his-ingredients.com | info@his-ingredients.com | RNE: 02.034.708 | SENASA: B.I. 05317 | Tel.: (+5411) 4861-6603
Adm: Cabrera 3568, 1º piso, C1186AAP - Argentina. Planta: Int. Lumberas 1800 - Ex Ruta 24 - Parcela 13 - Parque Industrial Gral. Rodríguez - Argentina.

Tabla 2 - Etapas de formulación del yogur

Formulación del producto	Etapas	Procedimiento
	1-Determinación del tiempo de fermentación adecuado	Control de acidez
	2-Elección del Grado de sustitución de leche por suero lácteo	Panel sensorial-Ordenamiento de preferencia
	3-Incorporación de hidrocoloides	Ensayos reológicos
	4-Evaluación del dulzor del yogur	Panel sensorial-Ordenamiento de preferencia
	5-Vida útil- análisis microbiológicos	variación del pH en función del tiempo Recuento de bacterias lácticas totales (UFC/g) Recuento de levaduras específicas (UFC/g)

tos lácteos, por fermentación láctica mediante la acción de cultivos de microorganismos específicos. Estos microorganismos específicos deben ser viables, activos y abundantes en el producto final durante su período de validez. 1.1) Se entiende por Yogur o Yoghurt o logurte al producto incluido en la definición 1) cuya fermentación se realiza con cultivos protosimbóticos de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, a los que en forma complementaria pueden acompañar otras bacterias acidolácticas que, por su actividad, contribuyen a la determinación de las características del producto terminado (Código Alimentario Argentino, Capítulo VIII, Art 576).

Determinación del tiempo de fermentación adecuado. En primer lugar se determinó el tiempo de fermentación adecuado realizando un estudio de la variación de pH vs. tiempo de fermentación, utilizando una muestra con 50% de suero, la cual más se aproximaría a la que se desea obtener como producto final.

El proceso de elaboración del producto se detalla en la figura 1 (Tamine y Robinson, 1991).

Formulación de un yogurt con distintos porcentajes de sustitución con suero lácteo. Con el objetivo de obtener la mayor sustitución de leche por suero lácteo se realizan seis formulaciones variando la proporción de estos componentes y manteniendo la concentración de sacarosa y cultivo iniciador constante (Tabla 3). Estas muestras (M1, M2, M3, M4, M5y M6) se sometieron al protocolo de elaboración de yogurt expuesto en la figura 1 y sus propiedades organolépticas fueron evaluadas por un panel sensorial con la metodología de Ordenamiento de Preferencia.

Incorporación de hidrocoloides. Para determinar la incorporación de hidrocoloides al producto se realizó el estudio reológico del mismo con el agregado de distintas gomas.

El análisis reológico se basa en la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos, en función del tiempo (Muller, 1977). El comportamiento de flujo fue analizado aumentando linealmente la velocidad de corte de 0,1 a 100 s⁻¹ durante 210 s, luego manteniéndola constante a 100 s⁻¹ durante 60 s, y finalmente disminuyéndola linealmente de 100 a 0,1 s⁻¹ durante 210 s, con un reómetro AR-G2 (TA Instruments; New Castle, EE.UU.) (Perea *et al*, 2006). En todos los casos, el análisis se realizó por duplicado y se realizó un promedio con los datos entregados por el sistema.

Determinación del dulzor del producto. La determinación de la concentración final de sacarosa en el producto se evaluó mediante la técnica de ordenamiento por preferencia, comparando muestras con distintos porcentajes del azúcar. Las muestras ensayadas en el panel sensorial se detallan en la tabla 4.

Figura 1 - Diagrama de flujo para la elaboración de yogurt

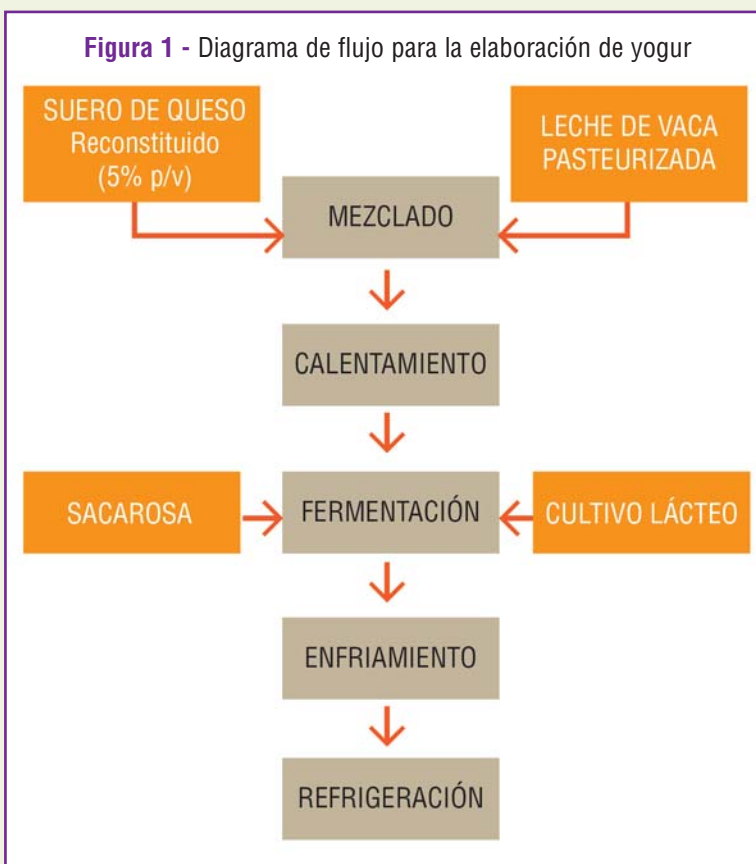


Tabla 3 - Variación en la concentración final de suero en las muestras del producto

Componente	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Leche (v/v)	100	75	50	40	30	0
Lactosuero (v/v)	0	25	50	60	70	100
Cultivo (v/v)	0.8	08	0.8	08	0.8	08
Sacarosa (p/v)	6	6	6	6	6	6

Tabla 4 - Evaluación del dulzor del yogur

Componente	M1	M2	M3	M4	M5
Leche (v/v)	40	40	40	40	40
Lactosuero	60	60	60	60	60
Cultivo (v/v)	0.8	08	0.8	08	0.8
hidrocoloides	constante	constante	constante	constante	constante
Sacarosa (p/v)	2	4	6	8	10

Vida útil y análisis microbiológicos

El estudio de estimación de vida útil se realizó a través del análisis de variación del pH en función del tiempo (Tamine y Robinson, 1991). El producto se conservó a 4°C y las muestras fueron tomadas una vez por día a la misma hora, por duplicado, durante 15 días. Los análisis microbiológicos se ajustaron al Código Alimentario Argentino, definido en el artículo 576, Capítulo VIII.

- Recuento de bacterias lácticas totales (UFC/g) - Norma FIL 117 A: 1988
- Recuento de levaduras específicas (UFC/g) - Norma FIL 94 B: 1990

Resultados

Determinación del tiempo de fermentación adecuado

Cuando se inicia la fermentación láctea, el pH de 6,8 es favorable para el desarrollo del *Streptococcus thermophilus* que produce ácido fórmico y dióxido de carbono, bajando así el pH hasta 5, aproximadamente. De este modo se estimula el crecimiento del *Lactobacillus bulgaricus*, que a su vez favorece el crecimiento del *Streptococcus thermophilus* por la producción de nutrientes como ácido láctico, péptidos y aminoácidos como la valina. La formación de ácido láctico desciende el pH, provocando la coagulación láctica. A un pH de 4,6

las caseínas están en su punto isoeléctrico y son completamente insolubles, confiriéndole al yogur su consistencia semisólida característica. En los productos lácteos fermentados, la fermentación culmina cuando se alcanza y se estabiliza un valor de 4,2 a 4,5 de pH aproximadamente. Una vez lograda la acidez requerida, debe enfriarse a 4 o 5°C para detener la fermentación y evitar que se siga produciendo ácido láctico. Como se muestra en la figura 2, la acidez necesaria se logra a las seis horas de fermentación.

Formulación de un yogurt con distintos porcentajes de sustitución con suero lácteo

Como se observa en la figura 3 de prueba de ordenamiento por preferencia, las muestras con una sustitución de 100, 70 y 25% de suero presentadas en el panel sensorial fueron descartadas. Las muestras con 50 y 60% de sustitución por suero lácteo son las de mejores características organolépticas.

Incorporación de hidrocoloides

En la figura 4 se muestra el comportamiento de las distintas muestras al aplicarle una fuerza de corte. Como se puede observar en todos los casos, se trata de fluidos pseudoplásticos, ya que la viscosidad aparente disminu-



Industria Alimenticia y Farmacéutica

- carbonato de calcio pesado USP
- carbonato de calcio liviano USP
- carbonato de calcio CD
- citrato de calcio CD

- Certificación GMP – Good Manufacturing Practice
- Certificación ANMAT – Ingredientes Farmacéuticos Activos

www.carbofarma.com.ar

CAFUNE S.A.: (54 11) 4918-2677 / 2680 - carbofarma@carbofarma.com.ar

calcio



calcio

Figura 2 - Determinación del tiempo de fermentación

Variación de pH

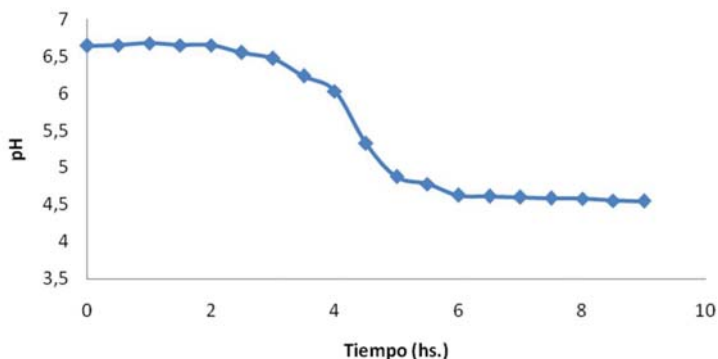
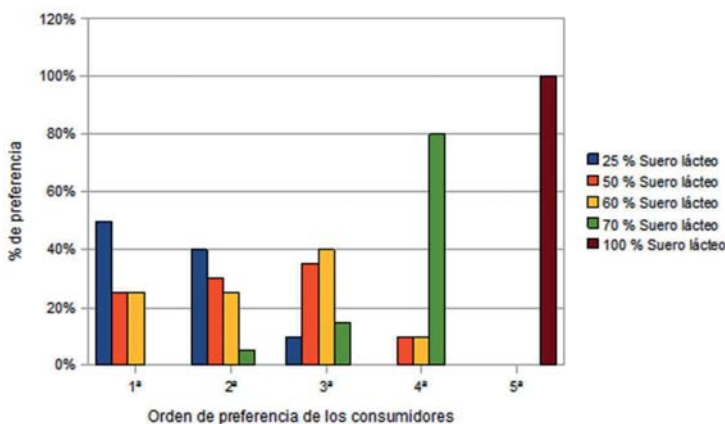


Figura 3 - Determinación del porcentaje de lactosuero en la formulación final del producto



ye al aumentar la velocidad de deformación y tiene un comportamiento isotrópico (Muller, 1977). En la figura 4 se puede observar que la muestra 1, que sólo contiene como estabilizante YOG PB, se deforma aplicando una muy pequeña fuerza, indicando la formación de un gel muy débil. Por otro lado, la muestra 3, que contiene la misma cantidad de YOG PB pero además tiene gelatina, necesita más del doble de la fuerza de corte aplicada en la muestra 1 para lograr igual velocidad de deformación. Por otro lado, la muestra 2, que contiene gelatina como único estabilizante, necesita el doble de fuerza para obtener igual velocidad de corte que la muestra 3 y aproximadamente 5 Pa más que la necesaria para la muestra 4. Estas observaciones sugieren que la gelatina es el gelificante que gobierna la viscosidad, resistencia, tixotropía y consistencia, afectándolos en forma directa, produciendo un comportamiento lineal y promoviendo en el coágulo una mayor estabilidad y mayor resistencia a los tratamientos mecánicos.

El estabilizante Yog PB tiene bastante menor influencia, y en forma variable, impartiendo más cremosidad. Esto indica que al utilizar gelatina como único

estabilizante el gel resultante es muy firme con respecto a lo que se desea para el producto, y que la sinergia que se produce entre los estabilizantes YOG PB y la gelatina genera un producto estable en el tiempo y un gel más elástico, similar a los ofrecidos en el mercado como yogur batido.

Determinación del dulzor del producto

En la evaluación sensorial por orden de preferencia (Figura 5) se determinó que las muestras que contenían 2 y 10 g de sacarosa en su formulación final fueron descartadas por su carácter ácido y muy dulce, respectivamente. Por el contrario, las muestras con 4 y 6 g de sacarosa fueron elegidas por los panelistas. Por tanto, considerando el costo final del producto y el dulzor aportado por el colchón de fruta, se determinó que 4g de sacarosa es la cantidad apropiada para el yogur.

Vida útil

Como se ve en la figura 6, el producto tiene una vida útil estimada de diez días, ya que luego comienza lentamente a aumentar el pH. Manteniendo el producto en las condiciones adecuadas de almacenamiento, el yogur comercial posee una vida útil mayor, estimada entre 15-20 días. El diferente comportamiento puede atribuirse a que el yogur sustituido por lactosuero contiene 50% menos sorbato de potasio en su formulación final.

Análisis microbiológicos

Los análisis realizados fueron de coliformes a 30°C y a 45°C, y de hongos y levaduras por conteo en placas (Tabla 5). Los resultados obtenidos se ajustan a los solicitados por el Código Alimentario Argentino para yogures, definidos en el artículo 576, Capítulo VIII. Se realizaron al comienzo, a la mitad y al final de la vida útil estimada, confirmando que los parámetros establecidos se cumplan durante todo el periodo.

Conclusiones

El efluente fue utilizado exitosamente como materia prima en el desarrollo de un producto lácteo fermentado, similar yogur, altamente aceptado por un panel sensorial, de buenas características organolépticas y amplias posibilidades de inserción en el mercado.

Distintos ensayos permitieron reemplazar el 60% de leche por lactosuero, manteniendo las características similares a las de un yogur neutro y textura semejante a un yogur batido.

Figura 4 - Determinación de la viscosidad de las muestras y su resistencia a la fuerza de corte

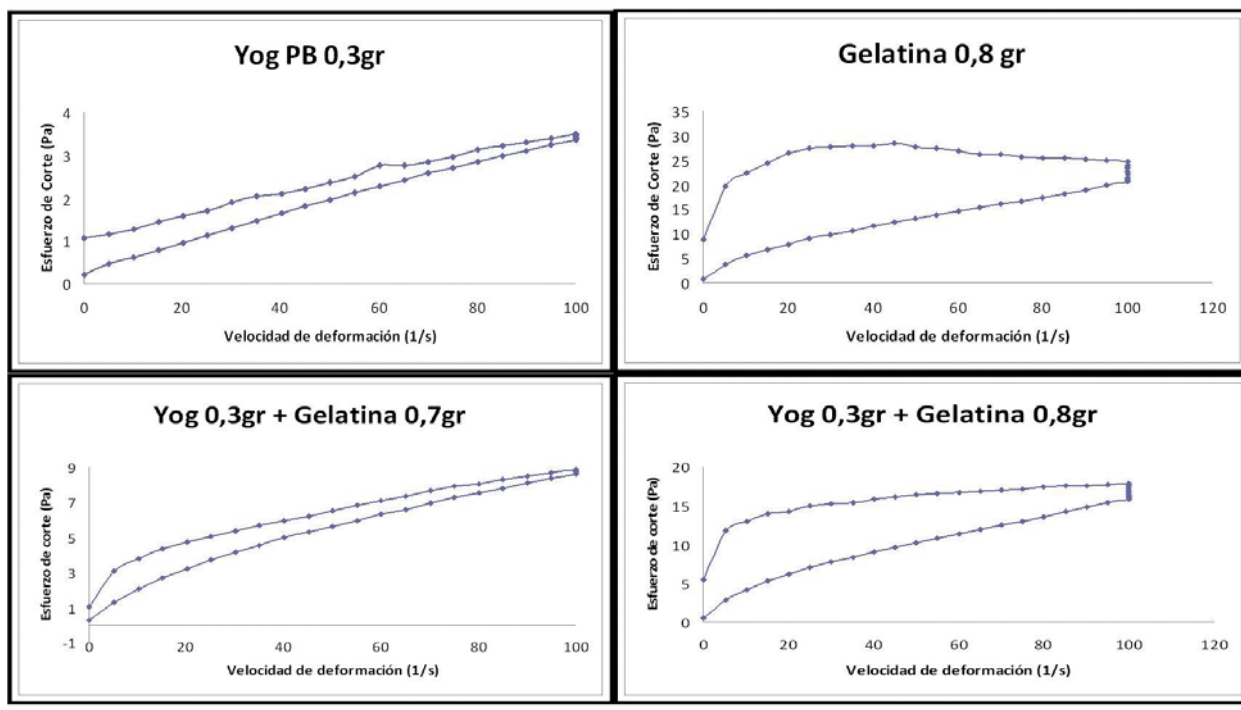
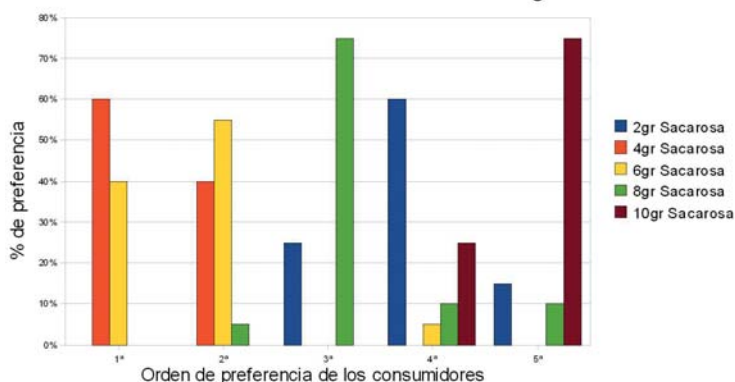


Figura 5 - Determinación del porcentaje de sacarosa en la formulación final del producto

Evaluación del dulzor del Yogurt



El proceso de elaboración requiere una tecnología sencilla y equipos de uso frecuente en la industria láctea, por lo que este procedimiento es de fácil incorporación en industrias pequeñas y medianas y puede acoplarse a las líneas de producción de plantas queseras. Los resultados de los análisis microbiológicos correspondieron a los requeridos por el Código Alimentario Argentino, determinando que el producto obtenido es apto para el consumo humano.

El empleo de esta tecnología ayudará a los productores de queso a reducir el impacto ambiental que ocasiona la mala disposición del suero, de modo que la inversión se justifica mediante el paso que se da en el cumplimiento de la legislación que afecta a las queseras y el aumento de rentabilidad al agregar nuevos productos a la línea de producción de la planta.

Con respecto al impacto esperado, en Latinoamérica existe un gran número de industrias queseras de tamaño medio y pequeño que no cuentan con los medios necesarios para realizar grandes inversiones, por lo que la incorporación de tecnología de secado con planta de lactosa y/o concentrado de suero resulta imposible. El aprovechamiento de este efluente como materia prima de productos alimenticios sería entonces una solución factible y de fácil implementación para la mejora de procesos y la obtención de productos con mayor valor agregado.

Figura 6 - Vida útil. Variación del pH en función del tiempo

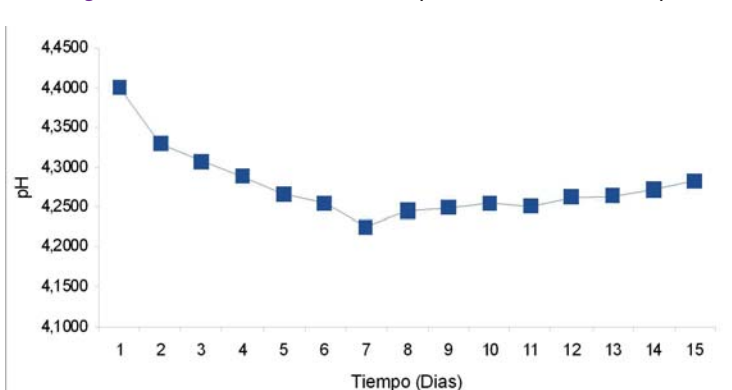


Tabla 5 - Análisis microbiológicos

Microorganismo	5 días	5 días	Límite permitido por el CAA
Coliformes a 30°C	< 10	< 10	100
Coliformes a 45°C	< 10	< 10	10
Hongos	< 10	< 10	200
Levaduras	< 10	< 10	200

Bibliografía

Atra, R.; Vatai, G.; bekassy-Molnar, E.; balint, A. Investigation of ultra-and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose. *Journal of Food Engineering*. 2005, 67(3):325-332.

Cuellas Anahí. Aprovechamiento industrial del suero de quesería. Obtención de una bebida energizante a partir del efluente. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. 2008, (49):56-58.

Smithers, Geoffrey. Whey and whey proteins. From 'gutterto-gold'. *International Dairy Journal*. 2008, 18(7):695-704.

Cuellas A, Wagner J. Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. *Revista de Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. N° 5, pág. 54-57. 2010.

Monsalve J.; González D. Elaboración de un queso tipo Ricota a partir de suero lácteo y leche fluida. En: *Revista Científica*. 2005, XV (6):543-550.

Grasselli M., Navarro del Cañizo A., Fernández Lahore H., Miranda M., Camperi S. y Cascone O. Cátedra de Microbiología Industrial y Biotecnología. FF y B. UBA. Artículo "¿Qué hacer con el suero del queso? *Revista Ciecía Hoy*. 1997. Volumen 8, N° 43, Nov/Dic.

Jelen, P. (2003). Whey processing: Utilization and products. En H. Roginski, J.W. Fuquay, & P.F. Fox, *Encyclopedia of dairy sciences*. 2003. Vol. 4: 2739-2745. Londres: Academic Press (Elsevier Science).

González Cáseres, Marcelino de Jesús. Aspectos medioambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo pecuario*. Vol VIII, N°1, pag 16 a 32. 2012.

Sánchez, C; Suero, M; Castignani, H; Terán, JC; Marino, M. "La leche-ría argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011)". INTA Rafaela. 2012

González Marcelo. Utilización actual del suero de quesería. INTI. Ministerio de la Industria. Presidencia de la Nación. Agosto 2013.

Tamine, A y Robinson, R, *Yogur ciencia y tecnología*. 1A Edición. Editorial, Acribia, S. A. Zaragoza (ESPAÑA). 1991.

Miranda, Oscar. Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso. *Características distintivas y control de calidad*. *Revista Cubana Alimentación y Nutrición*. 2007, 17(2):103-108.

Muller, H. G. *Introducción a la reología de los Alimentos*. Ed Acribia Zaragoza, España. Pag174-180. 1977

Paginas de Internet

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. http://www.minagri.gov.ar/site/ANMAT.CódigoAlimentarioArgentino.Artículos:553al642-AlimentosLácteos.-Actualizadoal10/2014www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp



**14 y 15
de Julio de 2015**

El Mirador Hotel & Spa
Colonia del Sacramento, Uruguay

Conferencias - Exposición Comercial



Trabajos Científicos - Camaradería & Negocios

El gran evento del sector lácteo industrial del Uruguay

Nuevas tecnologías de secado - Envasados y empaques - Rendimiento quesero
Lácteos funcionales con colesterol reducido - Estabilizantes - Uso de TG en yogures y quesos

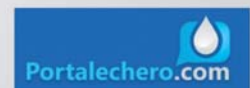
Organiza:



ASOCIACIÓN URUGUAYA DE TÉCNICOS EN LECHERÍA

Secretaría: info@congresodelecheria.com.uy

Coordina:



www.congresodelecheria.com.uy