

6 Elaboración de un producto fermentado similar yogurt, a partir del suero lácteo (Preparation of a fermented product, simile yogurt, from cheese whey) Anahi Cuellas

Anahí Virginia Cuellas

Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, Argentina

Email: acuellas@gmail.com

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 que contiene una alta proporción de suero lácteo en su formulación. Siguiendo el protocolo industrial para la elaboración de yogurt, 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.

Palabras clave: lactosuero, yogurt, efluentes lácteos.

Abstract

In order to take advantage of the nutritional value of the whey and minimize the effects of contamination, a fermented dairy product was developed that contains a high proportion of whey in its formulation. Following the industrial protocol for the manufacture of yogurt, different percentages of milk replacement by whey and the effect of the addition of hydrocolloids on the organoleptic properties of the final product were evaluated. The experiments included the rheological, sensory and microbiological tests requested by the Argentine Food Code.

Keywords: Whey, yogurt, dairy effluents.

Recibido: 18 de agosto de 2019

Aceptado: 18 de septiembre de 2019

Introducción

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 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.

Tabla 1: Utilización actual del suero de quesería. Marcelo González. INTI. Ministerio de la Industria. Presidencia de la Nación. Agosto 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
Más de 250.000 l/día	5	separación por membrana de ultrafiltración / lactosa grado farmacopea

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). En este marco es imprescindible analizar la composición del suero lácteo y analizar la posibilidad de aplicar procesos diversos.

Un alimento fermentado es un tipo de producto alimenticio caracterizado por diversas degradaciones de los carbohidratos. La mayoría de los alimentos fermentados contienen una mezcla compleja de carbohidratos, proteínas, grasas y otros compuestos, que se modifican simultáneamente a través de la acción de diversos microorganismos y enzimas. En las fermentaciones alimentarias específicas se requiere controlar los tipos de microorganismos responsables y las condiciones ambientales necesarias para producir el producto deseado (Watson, 1992).

los productos lácteos fermentados, están ampliamente distribuidos en el mercado, el más conocido en esta categoría es el yogur, que se define según el Codex Alimentarius, como leche (usualmente de vaca en la actualidad) que ha sido fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* bajo condiciones definidas de tiempo y temperatura. Cada especie de bacterias estimula el crecimiento de la otra, y los productos de su metabolismo combinado dan como resultado la textura cremosa característica y el ligero sabor ácido. También el yogurt contiene otros aditivos tales como sólidos lácteos, azúcares, frutas, etc.

La capacidad de estos microorganismos para utilizar lactosa como fuente de carbono y energía y producir ácido láctico permite la obtención de este producto que posee una serie de compuestos que le otorgan el sabor, el aroma y la textura, propiedades que lo caracterizan (Walstra, et al., 2001). La presencia de esta azúcar en el suero de quesería, permite formular un producto semejante que conserve las propiedades características del yogurt y aproveche las ventajas nutricionales del subproducto quesero.

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

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

1. 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 protocolo utilizado se adecua al proceso de elaboración de yogurt que se detalla en la figura 1.

Figura 1: Diagrama de Flujo para la obtención de yogurt (Tamine y Robinson, 1991).



2. 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, M5 y 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.

Tabla 2: Formulaciones evaluadas por Ordenamiento de Preferencia

Componente	M1	M2	M3	M4	M5	M6
------------	----	----	----	----	----	----

Leche (ml)	100	75	50	40	30	0
Lactosuero	0	25	50	60	70	100
Cultivo (ml)	0.8	08	0.8	08	0.8	08
Sacarosa (g)	6	6	6	6	6	6

3. 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.

4. 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 3.

Tabla 3: Evaluación del dulzor del yogurt.

Componente	M1	M2	M3	M4	M5
Leche (ml)	40	40	40	40	40
Lactosuero	60	60	60	60	60
Cultivo (ml)	0.8	08	0.8	08	0.8
hidrocoloides	constante	constante	constante	constante	constante
Sacarosa (g)	6	6	6	6	6

5. Vida útil sensorial y análisis microbiológicos

Para determinar la vida útil sensorial del yogurt, se utiliza el método de supervivencia, que es una herramienta de análisis sensorial que proporciona información real de la opinión de los consumidores. Esta metodología permite estimar el momento de la vida útil a partir del cual el producto podría ser rechazado por el consumidor (Hough y Fiszman, 2005). Para esta experiencia, se diseña un panel sensorial con jueces consumidores comparando varias muestras del producto a distintos tiempos de almacenamiento, incluyendo una muestra del producto recién fabricado.

Se le pregunta al consumidor si consumiría/compraría o no el producto, y se estima el porcentaje de rechazo de los consumidores según el tiempo de almacenamiento del producto (Hough y Fiszman, 2005).

Para estos ensayos 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

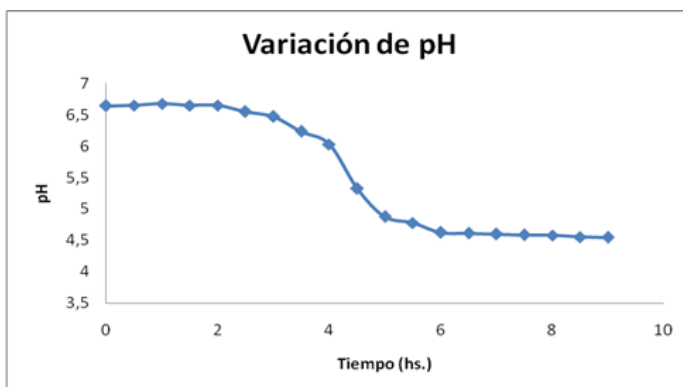
Resultados y Discusión

1. Determinación del tiempo de fermentación adecuado

Cuando se inicia la fermentación láctea, el pH de 6,8 es favorable para el desarrollo del *Streptococcus termophilus* 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 termophilus* 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.

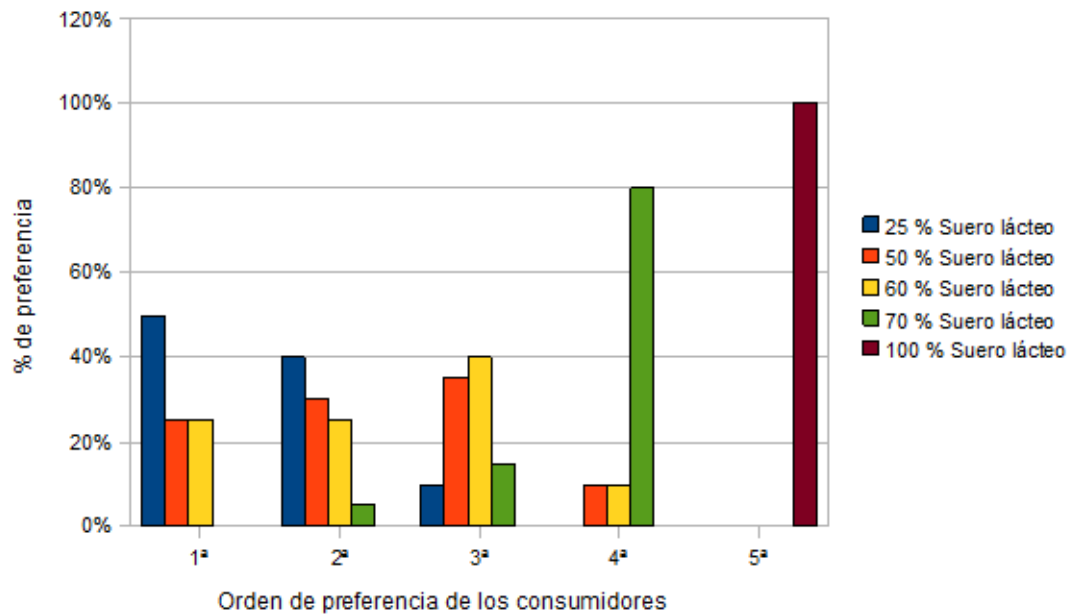
Figura 2: Determinación de la variación del pH en el tiempo de la muestra M3 (reemplazo del 50% de la leche por suero lácteo)



2. 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. En los ensayos sensoriales de preferencia, los panelistas ordenen una serie de muestras en forma creciente según características o atributos que se estén evaluando. Si bien los resultados son sumamente importantes para la formulación del producto, estos no indican la magnitud o tamaño de la diferencia entre las muestras sucesivas

Figura 3: Resultados de las pruebas de preferencia de las diferentes variaciones de sustitución de leche por suero lácteo.



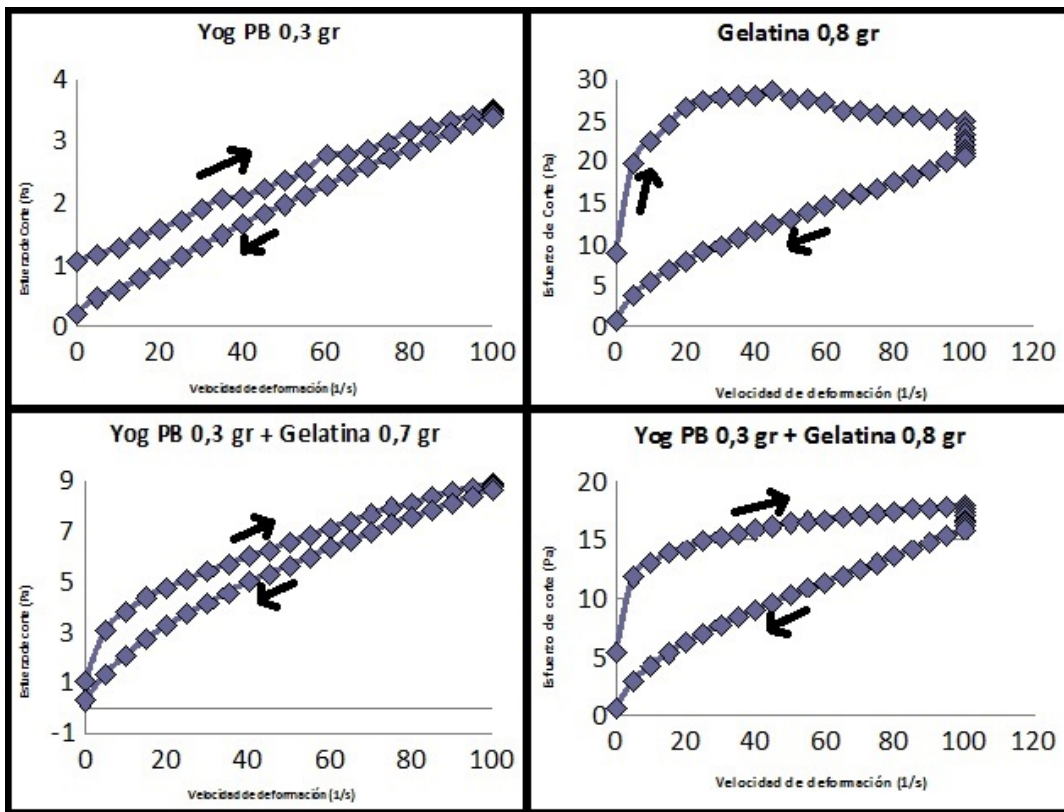
3. Incorporación de hidrocoloides

En la figura 4 se muestra el comportamiento de las distintas muestras al aplicarle una fuerza de corte. 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, como se indica con las flechas.

Como se puede observar en todos los casos, se trata de fluidos pseudoplásticos, ya que la viscosidad aparente disminuye al aumentar la velocidad de deformación y tiene un comportamiento isotrópico (Muller, 1977). Por otro lado, 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. La muestra 3, que contiene la misma cantidad de YOG PB y gelatina, necesita más del doble de la fuerza de corte aplicada en la muestra 1 para lograr igual velocidad de deformación. 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.

Figura 4: Comportamiento reológico de las muestras frente a la incorporación de distintos hidrocoloides



En la Tabla 4, se compara las viscosidades aparentes en un punto medio (60,04 Pa), para que los datos no se vean distorsionados por errores generados por los equipos. Como formulación óptima fue elegida, la muestra 4, que al ser comparada con la muestra 3, presenta un gel más estable, mayor viscosidad (aunque no tanto como en la muestra 2). A partir de los resultados expuestos, podemos observar que la muestra 4 cumple con las características de textura, aroma y aspecto deseadas para el producto final.

Tabla 4: Viscosidades aparentes de las muestras con el agregado de hidrocoloides.

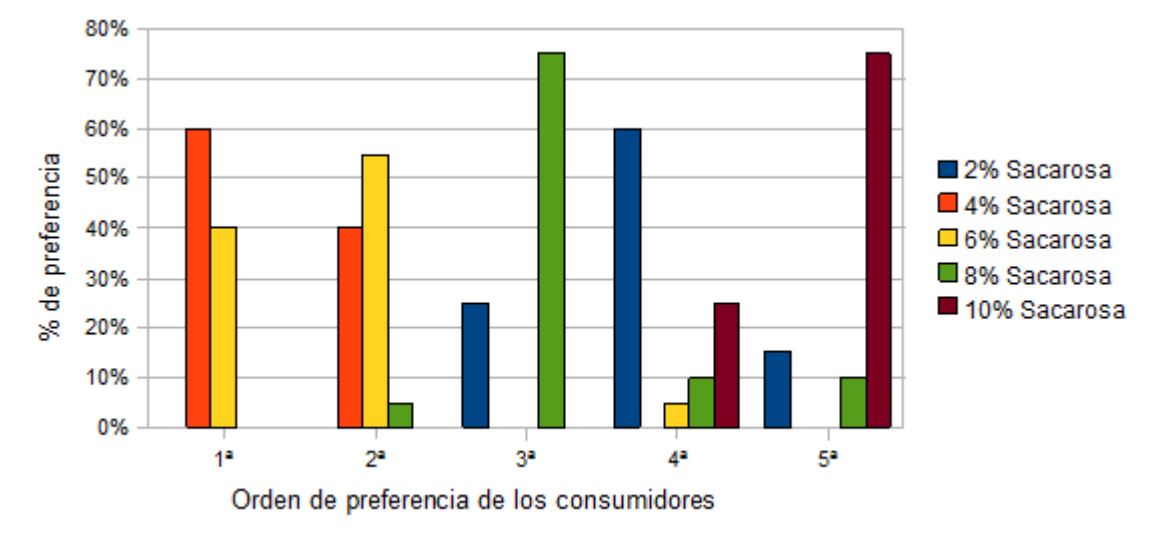
MUESTRA	Viscosidad aparente (Pa. S)
M1	0.04
M2	0.3
M3	0.09
M4	0.19

4. 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 p/v de sacarosa en su formulación final fueran descartadas por su percepción ácida y muy dulce, respectivamente. Por el contrario, las muestras con 4 y 6 p/v g de sacarosa fueran 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 p/v de sacarosa es la cantidad óptima para que el yogur sea elegido por los consumidores

Figura 5: Resultados de las pruebas de preferencia de los consumidores frente a distintas concentraciones de azúcar en el producto



5. Vida útil sensorial y análisis microbiológicos

Manteniendo el producto en las condiciones adecuadas de almacenamiento, el yogur a base de suero lácteo, conserva sus condiciones microbiológicamente aptas hasta 15 días. Sin embargo, el producto tiene una vida útil estimada de diez días, ya que luego comienza lentamente a variar sus atributos organolépticos y el 40 % de los consumidores rechazan el producto. Los defectos sensoriales en el alimento suelen aparecer mucho más rápido que la pérdida de inocuidad. Por lo tanto, pasadas las barreras sanitarias y nutricionales, la barrera restante depende en definitiva de las propiedades sensoriales del producto (Anzaldúa y Morales, 1994).

Desde el punto de vista sensorial, la Norma ASTM E2454 (2005) define la vida útil como “El tiempo durante el cual las características y desempeño del producto se mantienen como fueron proyectados por el fabricante. El producto es consumible o usable durante este período, brindándole al usuario final las características, desempeño y beneficios sensoriales deseados”.

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 a los días 0, 5, 10, 15 y 20, 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 a 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. 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.

Referencias Bibliográficas

1. 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.
2. Anzaldúa Morales, Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. 198 p. Zaragoza: Acribia, 1994.
3. Cuellas Anahí. Aprovechamiento industrial del suero de quesería. Obtención de una bebida energizante a partir del efluente. *Tecnología Láctea Latinoamericana*. 2008, (49):56-58.
4. Cuellas A, Wagner J. Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. *Revista de Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. Nº 5, pág. 54-57. 2010.
5. Cuellas A., Jaus R. and Wagner J. Optimization of Proteins Recovery Process from Cheese Whey.: *Journal of Agricultural Science and Technology*.: David Publishing Company. 2015 vol.4. issn 1939-1250.
6. González Cáseres, Marcelino de Jesús. Aspectos medioambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo pecuario*. Vol VIII, Nº1, pag 16 a 32. 2012.
7. González Marcelo. Utilización actual del suero de quesería. INTI. Ministerio de la Industria. Presidencia de la Nación. Agosto 2013.
8. 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 Ciencia Hoy*. 1997. Volumen 8, Nº 43, Nov/Dic.
9. Hough G., Fiszman S. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. Publisher, Programa CYTED, 2005.
10. 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).
11. 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.
12. 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.
13. Muller, H. G. Introducción a la reología de los Alimentos. Ed Acriba Zaragoza, España. Pag174-180. 1977
14. Prada S., Arnoldi J., Cuellas A. Aprovechamiento de efluentes lácteos: incorporación de lactosuero en la formulación de yogur. *Tecnología Láctea Latinoamericana* Nº 86. 2015

15. Sánchez, C; Suero, M; Castignani, H; Terán, JC; Marino, M. "La lechería argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011)". INTA Rafaela. 2012
16. Smithers, Geoffrey. Whey and whey proteins. From 'gutterto-gold'. International Dairy Journal. 2008, 18(7):695-704.
17. Tamine, A y Robinson, R, Yogur ciencia y tecnología. 1A Edición. Editorial, Acribia, S. A. Zaragoza (ESPAÑA). 1991.