



uais

RA XIMHAI

Volumen 14 Número 3 Edición Especial

Julio-diciembre 2018

37-48

## APROVECHAMIENTO DEL LACTOSUERO RESIDUAL DE EMPRESAS PRODUCTORAS DE QUESO EN LA REGIÓN NORTE DE COLIMA Y SUR DE JALISCO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA DE BAJO GRADO ALCOHÓLICO

### EXPLOITATION OF RESIDUAL WHEY FROM CHEESE PRODUCING ENTERPRISES IN THE REGIONS OF NORTHERN COLIMA AND SOUTHERN JALISCO FOR THE DEVELOPMENT OF A FERMENTED LOW-GRADE ALCOHOL BEVERAGE

Wscary Fabián **Ortiz-Ávila**<sup>1</sup>; Laura Virginia **Madrigal-Ambriz**<sup>2</sup>; Bernardo Gustavo **Salazar-Aguilar**<sup>1</sup> y Jorge Alberto **Cárdenas-Magaña**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Profesores Investigadores del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Campus Tamazula. Carretera Tamazula Santa Rosa 329, Tamazula de Gordiano, Jalisco. <sup>2</sup> Profesora Investigadora de la Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Químicas Kilómetro 9 Carretera Colima-Coquimatlán.

#### RESUMEN

La presente investigación aborda una problemática existente entre la región sur de Jalisco y la región norte del estado de Colima, generada por parte de las empresas productoras de queso al verter indiscriminadamente su lactosuero residual directamente al drenaje, ocasionando una contaminación de los recursos hídricos, un daño a los ecosistemas así como a la flora y fauna dependiente de los mismos; además que se desperdicia un residuo con un potencial económico para las mismas empresas productoras. Como solución a este problema se propone darle un valor comercial a esos residuos, planteando la elaboración de un nuevo producto mediante los procesos de fermentación alcohólica y láctica producida en el lactosuero, que le otorga al mismo, nuevas condiciones químicas, físicas y sensoriales. El proyecto se dividió en dos etapas, la primera consistió en la formulación de seis diferentes bebidas a base de lactosuero, las tres primeras elaboradas a partir de la fermentación con gránulos de kéfir, suero, sacarosa y miel en diferentes concentraciones, y las tres últimas fermentadas con *Kluyveromyces marxianus*-*Saccharomyces cerevisiae* y como sustrato una mezcla de suero lácteo, sacarosa y miel, de estas seis formulaciones se eligieron las dos que mejores características organolépticas obtuvieron, a partir de las cuales en la etapa dos del proyecto se tomaron como base para la formulación de dos nuevas bebidas, las cuales fueron: Tkéfir (Lactosuero + Gránulos de kéfir + Sacarosa), TK. *marxianus* (Lactosuero + *K. marxianus*-*S. cerevisiae* + Sacarosa); las fermentaciones se realizaron bajo las mismas condiciones, la única variante fue el tiempo, debido a que la fermentación lactosuero/*Kluyveromyces marxianus* a los siete días se le adicionó

*Saccharomyces cerevisiae* y se dejó fermentar una semana más para que cumpliera con las características deseadas, y la de lactosuero/kéfir solo necesitó cuatro días, siendo la bebida que presentó mejores características. Las bebidas fermentadas que se desarrollaron presentaron un contenido de etanol en entre 2.5 y 2.9%, proporcionando un grado alcohólico menor que el que contienen las bebidas alcohólicas refrescantes (4.5-6.0%), con un aporte de proteína mayor de 3 g / 100 ml y sin grasa. Estas bebidas fueron aceptadas por el panel de evaluadores, por lo que representan un producto refrescante y a la vez nutritivo que podría contribuir a mejorar la dieta de los jóvenes y adultos. **Palabras clave:** gránulos de Kéfir, fermentación alcohólica, fermentación láctica, *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus*.

#### ABSTRACT

The present investigation approaches the existent problematic in the North region of the state of Colima and the south of Jalisco, generated by the cheese producing companies by indiscriminately dumping their residual whey directly into the drainage, causing contamination of the water resources, damage to ecosystems as well as the flora and fauna that depends on them; In addition, this waste can be of great commercial value for the microenterprises of the region. So, it is proposed the development of a new product taking advantage of the alcoholic and lactic fermentation produced in the whey, which gives it new chemical, physical and sensory conditions. The project was divided into two stages, the first consists of the formulation of six different whey-based drinks, the first three elaborated from fermentation with kefir grains, whey, sucrose and honey in

different concentrations, and the last three fermented with *Kluyveromyces marxianus*-*Saccharomyces cerevisiae* and as a substrate of a mixture of milk whey, sucrose and honey, of these six formulations the two best organoleptic characteristics obtained were chosen. From there, in stage two of the project these two taken as a basis for the formulation of two new beverages, which were: Tkéfir (Whey + Kefir grains + Sucrose), TK. *marxianus* (Whey + *K. marxianus*-*S. cerevisiae* + Sucrose); the fermentations were registered under the same conditions, the only variant was the time, due to the fact that the fermentation of the whey / *Kluyveromyces marxianus* after the seven days, *Saccharomyces cerevisiae* was added and it was left to ferment a week more so that it fulfills the desired

characteristics, and whey / kefir only needs four days, being the drink that presented better characteristics. Fermented beverages that are made in a formulation with an alcohol content between 2.5 and 2.9%, an alcoholic degree lower than that which contains the refreshing alcoholic beverages (4.5-6.0%), with an alkaline protein content of 3 g / 100 ml and without fat. These drinks were accepted by the panel of evaluators, so they represent a refreshing and at the same time nutritious product that could contribute to the improvement of the diet of young people and adults.

**Key words:** Kefir grains, alcoholic fermentation, lactic fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces marxianus*.

## INTRODUCCIÓN

Conforme las industrias queseras crecen y las exigencias en los nuevos reglamentos ecológicos aumentan, resalta la necesidad de encontrar una manera eficiente y económica de utilizar el suero residual proveniente de la elaboración de queso para evitar un severo daño ecológico al medio ambiente. Es importante destacar que actualmente la mayor parte del suero residual es vertido directamente al drenaje provocando la contaminación de agua, y que solo un mínimo porcentaje se aprovecha en la elaboración de composta orgánica y como alimento vacuno, lo que se traduce en grandes problemas ecológicos e importantes pérdidas económicas para las compañías dedicadas a la elaboración de quesos (Peña y Flores, 2001).

Hoy en día, empresas lecheras productoras de queso en la región norte del estado de Colima y la región sur de Jalisco, se enfrentan a dos grandes problemas; el no aprovechamiento total de la leche procesada ya que por cada kilogramo de queso se generan ocho kilogramos de suero (Valencia y Ramírez, 2009), lo que ocasiona el segundo problema, porque al no ser utilizado el suero como producto, se vierte directamente al drenaje provocando contaminación del agua.

La elaboración de bebidas fermentadas ofrece una solución atractiva tanto comercial como ecológica, debido a que el producto final obtenido del suero residual de leche podría tener un alto valor económico (Teixeira *et al.*, 2010) y mediante la fermentación se evitaría el problema de la contaminación directa del agua a través del suero residual. Los gránulos de Kéfir proporcionan características químicas, físicas y organolépticas únicas a las bebidas que son fermentadas con estos microorganismos, lo que podría darle al suero fermentado olor, sabor, consistencia y aroma agradables para su consumo (Mazaheri, 2008).

Lo que se pretende con esta investigación es utilizar el suero residual de leche para evitar que éste se convierta en un contaminante y transformarlo en una bebida fermentada de bajo contenido alcohólico con un valor comercial. De esta manera se podrá ofrecer una solución económica y atractiva para las dos grandes problemáticas que aquejan a las pequeñas empresas productoras de queso, aumentando así sus posibilidades de desarrollarse económicamente y evitar problemas al verter sus residuos directamente al drenaje cuidando así el medio ambiente.

Para esto se realizó la caracterización fisicoquímica del lactosuero, se establecieron las condiciones de temperatura, tiempo, concentración de sustrato para la fermentación con gránulos de kéfir o *Kluyveromyces marxianus*-*Saccharomyces cerevisiae*, se desarrolló la formulación para las bebidas

fermentadas con gránulos de kéfir y combinación de *Kluyveromyces marxianus*-*Saccharomyces cerevisiae*, se evaluó la concentración alcohólica obtenida en las formulaciones durante la fermentación. Se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica de las bebidas fermentadas.

## MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó suero residual desproteínizado obtenido a partir de la elaboración de requesón proporcionado por la empresa “Quesos Barragán”, gránulos de kéfir (proporcionados por la Empresa Yogurt Natural de Búlgaros), sacarosa refinada (marca comercial), miel de abeja oscura (Miel obtenida de la empresa apicultores del sur), *Kluyveromyces marxianus*, (Lyofast KM 7, 6A469341, SACCO), *Saccharomyces cerevisiae* (SAFMEX).

Caracterización de suero residual. La caracterización del lactosuero fue acorde a las técnicas descritas en:

- AQP (AOAC, 1990).
- Azúcares reductores (DNS por Miller, 1959).
- Acidez titulable (AOAC, 1990).
- pH (potenciómetro (Hanna instruments).
- °Brix (Refractómetro de mesa tipo ABBE marca Milton Roy Company).

### Formulaciones Preliminares

Se realizaron seis formulaciones preliminares en las que se cambió el tipo de sustrato, así como la combinación de microorganismos fermentadores, quedando de la siguiente manera: T<sub>0</sub> = Suero de leche desproteínizado + Gránulos de Kéfir. (50 g/L), T<sub>1</sub> = Suero de leche desproteínizado + Gránulos de Kéfir. (50 g/L) + Miel (48 g/L), T<sub>2</sub> = Suero de leche desproteínizado + Gránulos de Kéfir. (50 g/L) + Sacarosa (28 g/L), T<sub>3</sub> = Suero de leche desproteínizado + *Kluyveromyces marxianus*. (0.3 g/L), T<sub>4</sub> = Suero de leche desproteínizado + *Kluyveromyces marxianus*. (0.3 g/L) + Miel (48 g/L) y T<sub>5</sub> = Suero de leche desproteínizado + *Kluyveromyces marxianus*. (0.3 g/L) + Sacarosa (28 g/L).

El lactosuero fue pasteurizado a 66 °C durante 30 min, seguido de enfriamiento a 25 °C. Como contenedores fueron empleados seis matraces Erlenmeyer de 250 ml, los cuales fueron esterilizados en autoclave por 15 minutos a 150 °C. Se emplearon gránulos de kéfir y cepas de *Kluyveromyces marxianus* como microorganismos fermentadores.

El tiempo de fermentación fue de 96 horas a 20°C. Una vez pasadas las 96 horas la fermentación fue detenida mediante centrifugación a 11000 rpm durante 20 min a 8 °C, con el fin de destruir los microorganismos sin adulterar las características organolépticas de cada formulación.

Se analizaron tanto los parámetros organolépticos de cada una de las bebidas, así como también parámetros fisicoquímicos.

- Determinación de pH (potenciómetro de mesa, marca Hanna Instruments).
- Determinación de grados Brix (refractómetro de mesa, marca Milton Roy LR45227).
- Etanol (Cromatógrafo de gases acoplado a detector de ionización de llama marca Perkin Elmer).
- Azúcares reductores: se realizó por el método de DNS (Miller *et al.*, 1960).
- Determinación de acidez titulable (AOAC, 1990).

- Análisis microbiológico (NOM-111-SSA1 y NOM-114-SSA1)
- Análisis organoléptico (Prueba triangular con cuestionario aplicado)
- Análisis estadístico (ANOVA y Prueba-T para 2 grupos independientes)-

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la materia prima: El lactosuero obtenido fue caracterizado químicamente y los resultados obtenidos (*Cuadro 1*) son congruentes con los reportados en la literatura por lo que se decidió usar este suero desproteinizado para arrancar las fermentaciones.

Se inició la fermentación con gránulos de kéfir en tres tratamientos diferentes T<sub>0</sub> (Lactosuero + Gránulos de kéfir), T<sub>1</sub> (Lactosuero + Miel + Gránulos de kéfir) y T<sub>2</sub> (Lactosuero + Sacarosa + Gránulos de kéfir) y con *Kluyveromyces marxianus* que fue agregado a los tratamientos T<sub>3</sub> (Lactosuero + *K. marxianus*), T<sub>4</sub> (Lactosuero + Miel + *K. marxianus*) y T<sub>5</sub> (Lactosuero + Sacarosa + *K. marxianus*) los cuales se monitorearon en continuo durante 96 horas a 20 °C. Los parámetros iniciales del lactosuero fueron: 0.2% de ácido láctico, pH de 5.93 en los seis tratamientos y una concentración 6.4 brix en el tratamiento número cero y tres; y de 10 brix para los tratamientos uno, dos, cuatro y cinco.

La concentración final de ácido láctico en los tratamientos fue distinta, el tratamiento uno, obtuvo un valor de 1.50 g/100 g, en el tratamiento dos su valor de 1.65 g/100 g que fueron fermentados con gránulos de kéfir mientras que los tratamientos cuatro y cinco tuvieron una concentración final de 1.32 g/100 g y de 1.48 g/100 g. el tratamiento dos es el que mejor evolución obtuvo durante el proceso de fermentación.

### **Cuadro 1. Caracterización química del lactosuero**

Proteína (g/100 g)	4.97 ± 0.15
Cenizas (g/100 g)	0.49 ± 0.02
Sólidos Totales %	6.58 ± 0.14
% Humedad	93.41 ± 0.14
°Brix	6.4 ± 0.00
Ácido Láctico (g/100 g)	0.20 ± 0.00
Azúcares Reductores (g/100 g)	12.66 ± 0.08
pH	5.93 ± 0.00

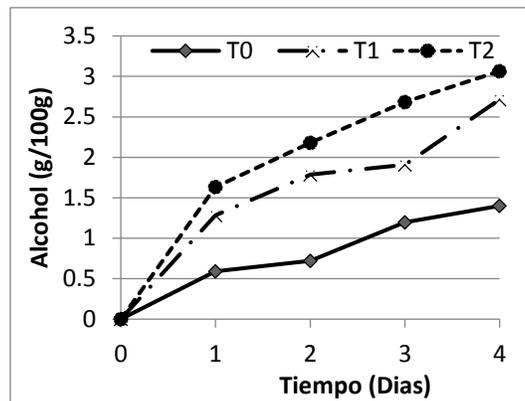
**Fuente:** Elaboración propia.

El número cinco y uno, no tienen diferencia significativa entre sí, pero si poseen una diferencia significativa con respecto a los tratamientos cero, dos y tres; mientras que estos no tienen diferencias importantes entre sí; obteniendo un incremento final del tratamiento cero un valor de 1.62 g/100 g de ácido láctico valor mayor que el reportado por Mazaheri *et al.*, (2008), de 0.83 g/100 g.

El valor del potencial de hidrógeno para los fermentados con *K. marxianus* y para los fermentados con gránulos kéfir nos indican que los seis tratamientos no presentaron diferencia significativa, lo que demuestra que las diferentes formulaciones no tuvieron un efecto directo en el pH. En cuanto al consumo de los azúcares totales de los tratamientos cero, uno y dos, tuvieron un descenso notorio referente a los demás tratamientos, pero no entre sí. El consumo de azúcares reductores del tratamiento tres es menor al gasto del tratamiento cuatro y cinco, a su vez el tratamiento cuatro fue significativamente mayor al

tratamiento cinco hablando estadísticamente; esto debido a que las cepas de *K. marxianus* no consumieron la sacarosa del tratamiento cinco y la fructosa del tratamiento cuatro.

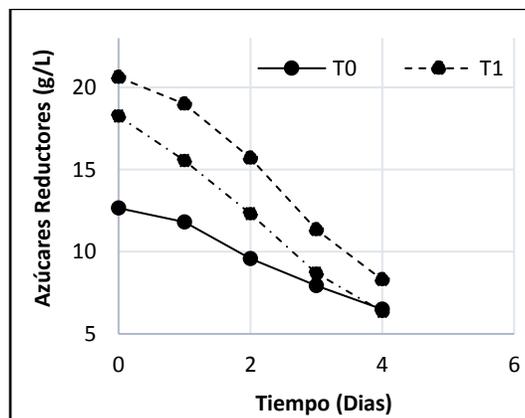
En cuanto a la producción de etanol, se observa que los tratamientos cinco, cuatro y tres no poseen diferencia marcada entre su producción, pero sí de los demás tratamientos.



**Figura 1.** Producción de etanol en bebidas fermentadas: T<sub>0</sub> (Lactosuero + Gránulos de kéfir), T<sub>1</sub> (Lactosuero + Miel + Gránulos de kéfir) y T<sub>2</sub> (Lactosuero + Sacarosa + Gránulos de kéfir) (Elaboración propia).

Los gránulos de kéfir fermentaron aproximadamente el 45% del total de los azúcares (*Figura 1*) disponibles mientras que la cepa de *K. marxianu*, dieron por resultado solo una pequeña producción al cuarto día de  $0.39 \pm 0.03$  en el T<sub>3</sub>, en el T<sub>4</sub> una producción de  $0.41 \pm 0.06$  y  $0.54 \pm 0.04$  en T<sub>5</sub>.

Finalmente, en las *Figuras 2* y *3* se presenta el consumo de los azúcares reductores durante la fermentación. Estadísticamente hablando se observa que los seis tratamientos no presentaron una diferencia significativa entre sí.



**Figura 2.** Azúcares reductores en bebidas fermentadas: T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, con datos propios.

En la mayoría de los análisis hubo una diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se puede decir que las diferentes formulaciones tuvieron un efecto claro en las características fisicoquímicas finales de las fermentaciones.

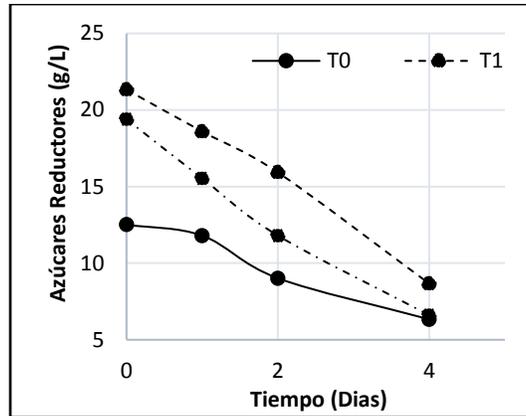


Figura 3. Azúcares reductores en bebidas fermentadas: T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>, con datos propios.

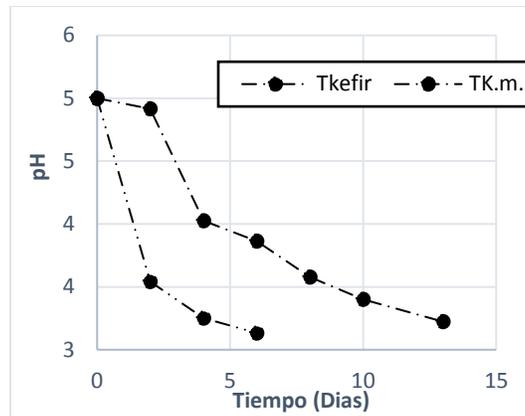
Con los datos recabados en los análisis de las formulaciones preliminares se determina que las formulaciones dos y cinco respectivamente tuvieron mejores características físicas, químicas y organolépticas.

### Formulación final de las bebidas

Con los datos obtenidos de los tratamientos preliminares, se eligieron los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>5</sub> por presentar las mejores características químicas, físicas y organolépticas. A los cuales se les modificaron algunos parámetros con el fin de mejorar las propiedades de las fermentaciones creando así los tratamientos T<sub>6</sub> y T<sub>7</sub>. La temperatura de fermentación fue de 20° C, el tiempo de fermentación fue de 96 horas para el tratamiento T<sub>2</sub> (con gránulos de kéfir) y 336 horas para el tratamiento T<sub>5</sub> (con cepa *K. marxianus*). Al tratamiento T<sub>2</sub>, se le agregó una cepa de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a partir de los 11 días con el fin de que consumieran la sacarosa aun presente en la fermentación. La concentración de la cepa de *K. marxianus* se duplicó a 0.6 g/L para acelerar la fermentación. Se empleó saborizante para alimentos de coco marca Deiman, la cual fue adicionada en las formulaciones “T<sub>2</sub>” y “T<sub>5</sub>”, en una proporción de 3 ml/L de suero desproteínizado.

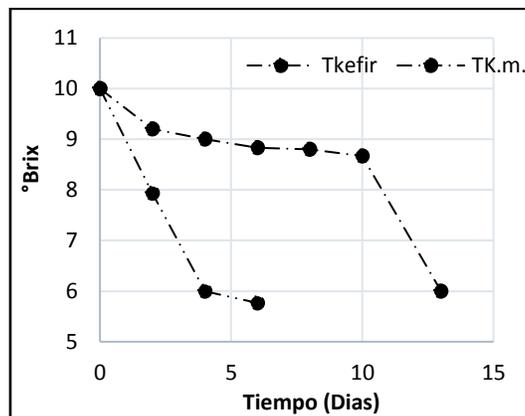
Las bebidas se envasaron en botellas de cristal previamente esterilizadas y fueron rotuladas, marcando la fecha y el tipo de formulación que contenía. Fueron almacenadas en refrigeración a 8 °C con el fin de alargar la vida de anaquel. Al analizar estadísticamente los resultados obtenidos con la Prueba-T (T-Test) para 2 grupos independientes, la producción de ácido láctico en los dos tratamientos según el índice de significancia estadística indica que existe una diferencia significativa entre los tratamientos siete y ocho ya que el valor p (índice de significancia estadística) tiene un valor de 0.000 que es menor a 0.05 por lo que se concluye que las diferencias entre los tratamientos causaron una diferencia significativa en la producción de ácido láctico.

El descenso del pH en ambos tratamientos fue muy similar (Figura 4), al tener la variable p un valor mayor que 0.05, siendo este 0.131, se determina que no existe una diferencia significativa entre los dos tratamientos.



**Figura 4.** Descenso del pH durante el proceso de fermentación para los tratamientos:  $T_{\text{kéfir}}$  (Lactosuero + Gránulos de kéfir + Sacarosa),  $T_{K. \text{marxianus}}$  (Lactosuero + *K. marxianus-S. cerevisiae* + Sacarosa) (Elaboración propia).

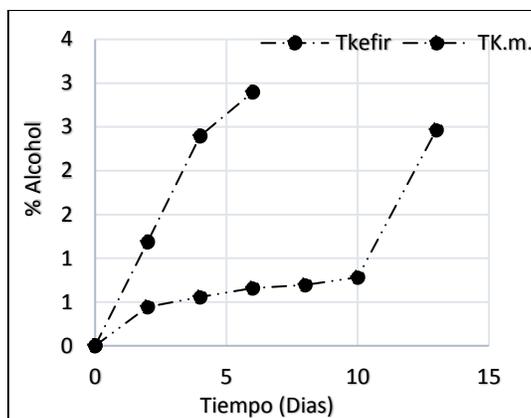
Los tratamientos siete y ocho, respectivamente no tuvieron diferencia significativa entre sí puesto que el valor p tiene un valor de 0.124 que es mayor a 0.05 lo que nos dice que los diferentes microorganismos empleados en las formulaciones consumieron a la par un promedio del 41% de los azúcares disponibles (Figura 5).



**Figura 5.** Consumo de °Brix durante la fermentación:  $T_{\text{kéfir}}$  (Lactosuero + Gránulos de kéfir + Sacarosa),  $T_{K. \text{marxianus}}$  (Lactosuero + *K. marxianus-S. cerevisiae* + Sacarosa) (Elaboración propia).

En cuanto a la producción de alcohol, en  $T_{\text{kéfir}}$  se obtuvo una concentración de 2.9%, en tanto para  $T_{K. \text{marxianus}}$  fue de 2.47%, (Figura 6) lo que muestra que sí hubo una diferencia significativa ya que el valor de p que es 0.000 fue menor a 0.05, esto, debido a que los microorganismos presentes en los tratamientos tienen diferentes índices de producción de alcohol etílico.

En el consumo de azúcares reductores hubo una diferencia significativa debido a que la cepa de *Kluyveromyces marxianus* es especializada en fermentar los azúcares reductores y aun cuando en los gránulos de kéfir existen levaduras capaces de fermentar dichos azúcares la proporción de la cepa de *K. marxianus* en el tratamiento siete es mucho mayor con respecto a las que se encuentra en los gránulos de kéfir.



**Figura 6.** Producción de etanol:  $T_{\text{kéfir}}$  (Lactosuero + Gránulos de kéfir + Sacarosa),  $T_{K. \text{marxianus}}$  (Lactosuero + *K. marxianus-S. cerevisiae* + Sacarosa) (Elaboración propia).

Características fisicoquímicas y sensoriales de los tratamientos seleccionados para la elaboración de las bebidas. Al comparar los resultados finales de ambas formulaciones se observó que no hubo una gran diferencia significativa entre las características físicas y químicas (Cuadro 2), dos de las diferencias principales fue una en el consumo de azúcares reductores en el caso de la combinación de cepas de *K. marxianus-S. cerevisiae* por lo que significa que la bebida formulada con gránulos de kéfir presenta una mayor cantidad de galactosa y lactosa principalmente. La otra diferencia significativa fue en la producción de etanol la formulación que tenía *K. marxianus-S. cerevisiae* produjo menos alcohol etílico que su contra parte.

**Cuadro 2. Caracterización Fisicoquímicas de las Bebidas:  $T_{\text{kéfir}}$  (Lactosuero + Gránulos de kéfir + Sacarosa),  $T_{K. \text{marxianus}}$  (Lactosuero + *K. marxianus-S. cerevisiae* + Sacarosa)**

Parámetro	$T_{\text{kéfir}}$	$T_{K. \text{marxianus-S. cerevisiae}}$
Proteína (g/100 g)	3.26 ± 0.04	3.25 ± 0.03
Cenizas (g/100 g)	0.44 ± 0.02	0.54 ± 0.01
Sólidos Totales %	4.59 ± 0.06	4.55 ± 0.08
% Humedad	95.40 ± 0.04	95.41 ± 0.10
Ácido Láctico	1.49 ± 0.04	1.26 ± 0.01
pH	3.13 ± 0.07	3.22 ± 0.06
°Brix	5.77 ± 0.06	6.00 ± 0.2
Alcohol (g/100 g)	2.90 ± 0.04	2.47 ± 0.38
Azúcares Reductores (g/100 g)	6.52 ± 0.08	4.76 ± 0.15

Fuente: Elaboración propia.

### Análisis organoléptico

Para el análisis organoléptico se realizó la prueba triangular simple con el objetivo de determinar si los jueces no entrenados determinaban diferencias entre las dos bebidas. La prueba consistió en colocar dos muestras iguales y una diferente. Se realizó el análisis, para ello se formularon cinco preguntas, las cuales se aplicaron a sesenta personas. En el formulario se muestra una indicación principal, que dice

textualmente “Marque con una X la clave de la muestra diferente”, el noventaiocho por ciento de los panelistas acertaron dando por entendido que si hubo diferencia en cuanto a sus características organolépticas entre las dos formulaciones.

En la prueba sensorial descrita, se formularon cinco preguntas con la finalidad de conocer el nivel de aceptabilidad que tendría este producto ante los consumidores. En olor, color, sabor, aroma, todos coincidieron que tenía las mejores características la bebida fermentada con kéfir pero que preferían más el de K. m- S. c. debido a que esta formulación presentaba un burbujeo especial que hacía más atractiva a la bebida. El saborizante de sabor coco no resultó del agrado de la mayoría de los panelistas, incluso ellos recomendaron otros sabores (durazno, fresa, jamaica).

### **Análisis microbiológico**

Se realizaron dos pruebas microbiológicas; hongos y levaduras, y de coliformes totales. Aun cuando los resultados obtenidos, arrojan la presencia de levaduras y hongos en las dos formulaciones y de tres unidades formadoras de colonias en el tratamiento número 7. Se puede concluir que ambas formulaciones son aptas para el consumo humano de acuerdo a las normas NOM-111-SSA1 y NOM-114-SSA1.

## **CONCLUSIONES**

Dados los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye que el lactosuero residual de la elaboración de quesos, puede ser transformado de una manera viable y económica a través de un proceso de fermentación en una bebida refrescante de bajo grado alcohólico, la cual posee una concentración significativa de nutrientes y minerales capaces de ayudar a la nutrición humana, las características químicas, físicas y organolépticas obtenidas son muy semejantes a productos comerciales ya posicionados en el mercado, lo que abre las puertas para el aprovechamiento de este residuo contaminante para la elaboración de bebidas que poseen el potencial de entrar y ganar espacio en los mercados locales.

Las bebidas fermentadas que se desarrollaron presentaron un contenido de etanol en entre 2.5 y 2.9%, proporcionando un grado alcohólico menor que el que contienen las bebidas alcohólicas refrescantes (4.5-6.0%), con un aporte de proteína mayor de 3 g/100 ml y sin grasa. Estas bebidas fueron aceptadas por el panel de evaluadores, por lo que representan un producto refrescante y a la vez nutritivo que podría contribuir a mejorar la dieta de los jóvenes y adultos.

Al usar el residuo de la elaboración de quesos de las pequeñas empresas productoras de queso, se puede facilitar el desarrollo económico de las mismas, ya que dispondrán de materia prima propia para elaborar bebidas de bajo costo de producción que pueden competir en el mercado con las ya existentes, además que el usar el suero residual se evitará que este termine vertido en el drenaje contrarrestando así la contaminación de los mantos acuíferos, propiciando un desarrollo sustentable.

## **LITERATURA CITADA**

- Alais, Ch. y Lacasa, A. (2003). *Ciencia de la leche*. España: Ed. Reverte, S. A.  
 Amiot, J. (1991). *Ciencia y tecnología de la leche*. Zaragoza, España: Ed. Acribia, S. A.  
 A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.

- Aranda, J. C. A. (2008). *Predicción del contenido intracelular de trehalosa en el proceso de producción de biomasa de Saccharomyces cerevesiae*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 7 (1), 156-162.
- Campbell, N. A., Reece, J. B. (2005). *Biology* 7th ed. California, U.S.A: Ed. Pearson Education, Inc.
- Cardoso, P., Magalhães, K. y Schwan, R. (2010). *Profile of microbial present in tibico (sugary kefir) grains from different brazilian states*. World J Microbiol Biotechnol, 27 (1); 1875-1884.
- Doğan, M. (2010). *Rheological behavior and physicochemical properties of kefir with honey*. Journal of Consumer Protection and Food Safety, 6 (3); 327-332.
- Dragone, G. J. (2009). *Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation*. Food Chemistry, 1 (2009); 8843-8850.
- El-Mansi, E. M. T., Bryce, C. F. A., Demain, A. L. y Allman, A. R. (2007). *Fermentation microbiology and biotechnology*. United States of America: Ed. Taylor y Francis Group.
- Egan, H. y Kirk, R. (1988). *Análisis químico de alimentos de Pearson*. México: Ed. CECOSA.
- Ferreira, M., Schvab, M., Gerard, L., Zapata, L., Davies, C. y Hours, R. (2009). *Fermentación alcohólica de jugo de naranja con S. cerevesiae*. Ciencias, Docencia y Tecnología, 20 (39): 143-158.
- Galván, D. M. P. (2005). *Proceso básico de la leche y el queso*. Revista Digital Universitaria.
- Grba, S., Stehlik-Tomas, V., Stanzer, D., Vahčić, N. y Škrilin, A. (2002). *Selection of yeast strain Kluyveromyces marxianus for alcohol and biomass production on whey*. Chem. Biochem. Eng. Q., 16 (1); 13-16.
- Jiménez, J., García, M. y González, L. G. (2005). *Bebida a base de suero de leche deslactosado con fruta enriquecida con omega 3*. (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Keating, P. F. y Rodríguez, H. G. (1992). *Introducción a la Lactología*. México, D. F. Ed. Limusa.
- Latorre, G. L. (2007). *Taxonomical classification of yeasts isolated from kefir based on the sequence of their ribosomal RNA genes*. World J Microbiol Biotechnol, 23 (1); 785-791.
- Lopitz, O., F., Rementeria, A., Elguezabal, N. y Garaizar, J. (2006). *Kefir: A symbiotic yeasts-bacteria community with alleged healthy capabilities*. Rev Iberoam Micol, 23 (1); 67-74.
- Madrid V. (2009). *Manual de las industrias lácteas*. España: Ed. Tetra Pak iberia, S. A.
- Mazaheri, A. M. (2008). *Application of whey in fermented beverage production using kefir starter culture*. Nutrition & Food Science, Iran, 38 (2); 121-127.
- Miller, G. L., Blum R., Glennon W.E., Burton A. L. (1959). *Measurement of carboxymethylcellulase activity*. Analytical Biochemistry 2, 127-132.
- Miranda, M. O., Ponce, P. I., Fonseca, P. P. L., Cutiño, E. M., Díaz, L. R. M. y Cedeño, A. C. (2009). *Características físico-químicas de sueros de queso dulce y ácido producidos en el combinado de quesos de Bayamo*. Rev Cub Aliment Nutr, 19(1); 21-25.
- Nally, M. C., Maturano, Y. P., Vázquez, F. y Toro, M. E. (2005). *Comportamiento de una cepa salvaje de Saccharomyces cerevesiae killer y su isogénica sensible respecto de diferentes fuentes de nitrógeno en cultivos mixtos*. Revista Argentina de Microbiología, 37 (2); 145-152.
- NOM-001-ECOL-1996. Norma Oficial Mexicana, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Protección al Ambiente, México.
- NOM-111-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana, bienes y servicios. *Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos*. Norma oficial mexicana de la secretaria de salud.
- NOM-114-SSA1-1994 Norma Oficial Mexicana, bienes y servicios. *Método para la determinación de salmonella en alimentos*. Norma oficial mexicana de la secretaria de salud.
- Otles, S. y Cagindi, O. (2003). *Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects*. Pakistan Journal of Nutrition, 2 (2); 54-59.
- Padín, C. y Díaz, M. (2009). *Fermentación alcohólica del lactosuero por Kluyveromyces marxianus y solventes orgánicos como extractantes*. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología, 2009 (29); 110-116.

- Páez, G., Jimenez, E., Mármol, Z., Ferrer, J., Sulbarán, B., Ojeda, G., Araujo, K. y Rincón, M. (2008). *Perfil de aminoácidos de la proteína unicelular de Kluyveromyces marxianus var marxianus*. *Interiencia*, 33 (4); 297-300.
- Peña, C. M. y Flórez, L. E. (2001). *Utilización del lactosuero de queso fresco en la elaboración de una bebida fermentada, con adición de pulpa de maracuyá (Passifloras edulis) y diferentes mezclas de carboximetilcelulosa (CMC), enriquecida con vitaminas A y D. (Trabajo de Grado)*. Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Plessas, S., Koliopoulos, D., Kourkoutas, Y., Psarianos, C., Alexopoulos, A., Marchant, R., Banat, I.M. y Koutinas, A.A. (2008). *Upgrading of discarded oranges through fermentation using kefir in food industry*. *Food Chemistry*, 106 (1); 40-49.
- Rogelj, I. (2000). *Fermented milk as a functional food*. *Agric Sci Prof Rev* 6(1); 105–107.
- Sarkar, S. (2008). *Biotechnological innovations in kefir production: a review*. *British Food Journal*, 110 (3); 283-295.
- Schoevers, A., y J-Britz, T. (2003). *Influence of different culturing conditions on kefir grain increase*. *International Journal of Dairy Technology*, 53 (3); 183-187.
- Stambuk, B. U., Franden, M. A., Singh, A. y Zhang, M. (2003). *D-Xylose transport by Candida succiphila and Kluyveromyces marxianus*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 105-108 (1); 255-263.
- Teixeira, K., Alcina, M., Nicolau, A., Dragone, G., Domingues, L., Teixeira, J. A., de Almeida, J. B. y Freitas, R. (2010). *Production of fermented cheese whey-based beverage using kefir grains as starter culture: evaluation of morphological and microbial variations*. *Bioresource Technology*, 101 (1); 8843-8850.
- Tratnik, L., Božanić, R., Herceg, Z. y Dragalić, I. (2006). *The quality of plain and supplemented kefir from goat's and cow's milk*. *International Journal of Dairy Technology*, 59 (1); 40-46.
- Uribe, M., Sepúlveda, J., Hernández, A. y Parra, E. (2008). *Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con Lactobacillus casei*. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 61(1):4409-4421.
- Valencia, D. E. y Ramírez, C. M. (2009). *La industria de la leche y la contaminación del agua*. Elemento 73. 2009. Pp. 27-31.
- Varnam, A. H. y Sutherland, J. P. (1997). *Beverages: Technology, chemistry and microbiology (food products series 2)*. London, UK: Chapman & Hall.
- Vázquez, P. F., Villegas, A. y Frías, M. (2010). *Precipitación de proteínas lactoséricas en función de la acidez, temperatura y tiempo, de suero producido en Comonfort, Guanajuato, México*. *Rev. Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (2); 157-169.
- Witthuhn, R. C., Schoeman, T. y Britz, T. (2004). *Isolation and characterization of the microbial population of different South African kefir grains*. *International Journal of Dairy Technology*, 57 (1); 33-37.
- Yang, Z., Zhoe, F., Ji, B., Li, B., Luo, Y., Yang, L. & Li, T. (2010). *Symbiosis between microorganisms from kombucha and kefir: potential significance to the enhancement of kombucha function*. *Appl Biochem Biotechnol*, 60 (1); 446-455.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a la Ing. Norma Angélica Pérez Amezcua.

## SÍNTESIS CURRICULAR

### **Wscary Fabian Ortiz Ávila**

Profesor investigador del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Campus Tamazula. Carretera Tamazula Santa Rosa 329, Tamazula de Gordiano, Jalisco. Correo electrónico: wscary.ortiz@tamazula.tecmm.edu.mx y www.tecmm.edu.mx

### **Laura Virginia Madrigal Ambriz**

Profesora investigadora de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Colima. Kilómetro 9 Carretera Colima-Coquimatlán. Correo electrónico: madrigal@ucol.mx y www.ucol.mx

### **Bernardo Gustavo Salazar Aguilar**

Profesor investigador del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Campus Tamazula. Carretera Tamazula Santa Rosa 329, Tamazula de Gordiano, Jalisco. Correo electrónico: bernardo.salazar@tamazula.tecmm.edu.mx y www.tecmm.edu.mx

### **Jorge Alberto Cárdenas Magaña**

Profesor investigador del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Campus Tamazula. Carretera Tamazula Santa Rosa 329, Tamazula de Gordiano, Jalisco. Correo electrónico: jorge.cardenas@tamazula.tecmm.edu.mx y www.tecmm.edu.mx