



Recibido: 12/3/2024, Aceptado: 16/7/2024, Publicado: 13/09/2024

Bermúdez Fariñas, M. y Hernández García, J. E. (2024). Valorización del suero lácteo como alternativa para el desarrollo local. *Márgenes. Revista multitemática de desarrollo local y sostenibilidad*, 12(3), 149-166.
<https://revistas.uniss.edu.cu/index.php/margenes/article/view/1813/version/2056>

Valorización del suero lácteo como alternativa para el desarrollo local

Valorization of dairy whey as an alternative for local development

Autores:

Ing. Margarita Bermúdez Fariñas¹

margaritabf2020@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-7359-6525>

Dr. C. Juan Emilio Hernández García²

juanemilio@uniss.edu.cu

<https://orcid.org/0000-0002-7471-0561>

¹Fábrica de Queso Mérida. Yaguajay, Sancti Spíritus, Cuba.

**²Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez, Facultad Ciencias Agropecuarias.
Sancti Spíritus, Cuba.**

RESUMEN

Muchos de los subproductos agroindustriales son fuentes disponibles de nutrientes que se pueden emplear de forma eficiente como sustratos para el desarrollo de diferentes procesos tecnológicos en la generación de nuevos productos. El suero lácteo generado en el proceso tecnológico de la fabricación de queso contiene niveles considerables de macro y micronutrientes; convirtiéndose en un sustrato adecuado para la biotransformación y así evitar la contaminación ambiental con su desecho. El presente trabajo tiene como objetivo revisar las más recientes investigaciones relacionadas con el procesamiento y valorización del suero lácteo. Se revisaron artículos disponibles en bases de datos en línea, de los últimos diez años, relacionados con el uso de este producto a favor de la alimentación humana y animal. Los resultados reflejan que los residuales de la agroindustria constituyen una problemática medioambiental a escala mundial; los estudios realizados hasta la fecha, sobre el tema demuestran la viabilidad de diferentes tecnologías para producir una variedad de ingredientes funcionales y alimentos beneficiosos. Sobre la base de los resultados obtenidos se concluye que para el desarrollo actual y perspectivo en la fábrica de Queso Mérida, ubicada en el municipio Yaguajay, provincia Sancti Spiritus, Cuba, se necesita tener una mirada sobre la valorización del suero lácteo como aporte a la producción local de alimentos y disminución de los efectos medioambientales que se generan en el territorio.

Palabras clave: industria alimentaria; medio ambiente; producción alimentaria; producción industrial

ABSTRACT

Many agro-industrial by-products are available sources of nutrients that can be efficiently used as substrates for the development of different technological processes in the generation of new products. The whey generated in the technological process of cheese manufacturing contains considerable levels of macro and micronutrients, making it a suitable substrate for biotransformation and thus avoiding environmental contamination due to its disposal. The present work aims to review the most recent research related to the processing and valorization of whey. Articles available in online databases from the last ten years were reviewed, related to the use of whey for human and animal nutrition. The results show that agroindustry waste is a worldwide environmental problem; the

studies carried out to date on this topic demonstrate the feasibility of different technologies to produce a variety of functional ingredients and beneficial foods. Based on the results, it is concluded that for the current and prospective development in Mérida Cheese factory, Yaguajay municipality, Sancti Spíritus province, Cuba, it is necessary to take a look at the valorization of whey as a contribution to local food production and reduction of the environmental effects generated in the territory.

Keywords: environment; food industry; food production; industrial production

INTRODUCCIÓN

Muchos de los subproductos agroindustriales (melaza, suero de leche y de soya, vinaza, almidón, salvado de trigo, yuca) son fuentes disponibles de nutrientes que se pueden emplear de forma eficiente como sustratos para el desarrollo de diferentes procesos tecnológicos y, en esa línea, investigadores exploran la valorización del suero lácteo para darle un valor agregado desde su concepción como materia prima (Rivera Flores et al., 2021).

El suero lácteo, también denominado lactosuero, representa entre el 80 y el 90% del volumen total de la leche que ingresa al procesamiento de quesos y, al menos, el 50% (en peso) de los nutrientes de la leche, quedan en el suero. Generalmente, por cada 100 kg de leche se obtienen alrededor de 10 kg de queso fresco y 90 kg de suero de leche (Papademas & Kotsaki, 2019).

De acuerdo al tipo de coagulación utilizada en la elaboración de quesos, se obtienen dos tipos de sueros bien definidos: el suero dulce, a partir de la coagulación enzimática y el suero ácido, a partir de la coagulación mixta o láctica; y su composición varía dependiendo de las características de la leche, tipo de queso elaborado y el proceso tecnológico empleado en su fabricación (Quille Quille et al., 2021).

Independientemente del tipo de suero, la industria láctea se proyecta, desde hace mucho tiempo, para encontrar una aplicación económica y ambientalmente sostenible de este subproducto (Zotta et al., 2020). No obstante, existen desafíos inherentes al uso de suero lácteo ya que, debido a su alta composición nutricional, tiene un gran potencial para ser utilizado como componente principal en la formulación de diferentes productos (Benaissa et al., 2017).

La conversión del suero de queso en producto de valor agregado significa, además del impacto económico positivo, la preservación del ambiente ya que, con la industrialización de este subproducto empleado en la elaboración de quesos, se aportará al desarrollo regional y nacional (Asas et al., 2021).

La gran mayoría de las plantas queseras aún no tienen totalmente resuelto el destino del lactosuero, situación que provoca impactos ambientales negativos. Con esa perspectiva se abren oportunidades y retos en la aplicación del suero como subproducto, incluyéndose así en la economía circular de la industria láctea, la cual se basa en la prevención de residuos y un destino final de estos con impacto mínimo al ambiente; lo que conllevaría a poder utilizar una cantidad mínima de insumos externos (materiales y energía), reduciendo las descargas negativas al ambiente y dando un valor agregado a los residuos generados (Benítez de la Torre et al., 2021).

En varias revisiones se hace mención a las potencialidades de uso del lactosuero generado por la industria quesera, tales como: sustrato para el desarrollo de microorganismos, lombrifiltros, en la fermentación alcohólica utilizando el suero de leche como sustrato, para la obtención de biopolímeros, jarabes, producción de biogás, productos fermentados y bebidas lácteas (Zou & Chang, 2022).

Sin embargo, a pesar de todas esas bondades, el lactosuero usualmente se desecha sin originar un nuevo producto en función de su alto valor nutricional. En ese sentido, es propósito de este artículo revisar las más recientes investigaciones relacionadas con el procesamiento del suero lácteo, para disminuir su impacto ambiental y la valorización mediante el desarrollo de nuevos productos locales con beneficios para la seguridad alimentaria.

DESARROLLO

Metodología

Se revisaron artículos disponibles en bases de datos en línea (PubMed, Scopus, Web of Science y Google Académico), vinculados con el uso de residuales de la agroindustria con énfasis en la industria láctea. Todas las búsquedas se realizaron en los últimos 10 años, a partir de las palabras clave: residuos de agroindustria, residuos de la industria láctea, lactosuero, suero de quesería, biotransformación del suero. No hubo exclusión de períodos durante la interrogación y no se aplicaron restricciones de idioma. Los

resúmenes de todos los artículos recuperados se leyeron cuidadosamente y se incluyeron estudios que evaluaron la biotransformación o valorización del suero lácteo.

Residuales de la industria quesera y su gestión

Los subproductos o residuos de alimentos se identifican como uno de los principales factores que afectan la seguridad alimentaria, especialmente en países en desarrollo. Para encontrar soluciones a largo plazo es necesario involucrar a todos los participantes en la cadena de suministro de alimentos, desde agricultores y fabricantes hasta distribuidores y consumidores (Wani et al., 2023), pues mucho de ellos pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final.

En general, los subproductos agroindustriales y los residuos de cosecha constituyen, en los países agrícolas, una fuente importante de alimento y en los últimos años se incrementan los esfuerzos destinados al estudio de las características nutricionales de los mismos para su uso en la producción animal además de otros usos como materia prima.

“Existen básicamente tres grupos de tecnologías para la recuperación de residuos agroindustriales que corresponden a: la valorización biológica y química, la obtención de combustibles (derivados de desechos) y la valorización térmica” (Aguiar et al., 2021, p. 650). Este artículo hace énfasis en la valorización biológica del suero como materia prima, pues esta permite que a partir de residuos orgánicos puedan obtener una amplia variedad de productos y principios activos de uso humano y animal.

El lactosuero, también conocido como suero lácteo o suero de leche, “es el subproducto lácteo obtenido de la separación del coágulo de la leche, de la crema o de la leche semidescremada durante la fabricación del queso mediante la acción ácida o de enzimas” (Williams Zambrano y Dueñas Rivadeneira, 2021, p. 41). El mismo representa del 80 al 90% del volumen total de leche procesada para la fabricación de queso (Brito et al., 2015).

Este producto lácteo contiene cerca del 50% de los nutrientes originales de la leche: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y minerales; no obstante, actualmente no alcanza su punto máximo de aprovechamiento y muchos fabricantes lo consideran como un desecho, convirtiéndose en el contaminante más importante de la industria láctea (Asas et al., 2021).

Por tal motivo, de los 110 o 115 millones de toneladas métricas de suero de leche que se generan a nivel mundial cada año, más de la mitad se tira directamente a los hábitats acuáticos, lo que ocasiona un deterioro ambiental severo, por lo que es necesario investigar opciones social y ambientalmente viables para su manejo y aprovechamiento (Lizárraga-Chaidez et al., 2023)

El problema de la contaminación ocasionado por la disposición de lactosuero en países desarrollados está minimizada con la utilización de varias tecnologías; desarrollándose productos con diferentes aplicaciones, lo que no sucede en países subdesarrollados como Cuba.

El lactosuero es el subproducto más abundante de la industria láctea y es de difícil aceptación en el mercado, ya que sus características no lo hacen apto para su comercialización directa como suero líquido, por lo que sus desechos contribuyen a la contaminación de ríos y suelos, y generan 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6,8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de suero (Williams Zambrano y Dueñas Rivadeneira, 2021).

Composición del suero lácteo y beneficios para la salud

La composición de suero lácteo depende de las características de la leche utilizada, del tipo de queso producido y la tecnología empleada para su elaboración. Su óptima utilización se basa en ser ingrediente de gran impacto en la reducción del costo de producción de la industria de alimentos; por tal motivo, de acuerdo al tipo de suero, se analiza la composición fisicoquímica.

En términos promedio, el suero de leche contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original; incluyendo la mayor parte de la lactosa, alrededor del 20% de las proteínas (Lactoalbúminas y lactoglobulinas), minerales (calcio, fósforo, sodio y magnesio) y vitaminas hidrosolubles (Tiamina, ácido pantotéico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina y ácido ascórbico) (Zou & Chang, 2022).

Entre otras cosas, el suero de queso es un producto que se revela como la combinación de proteínas que tiene una gran cantidad de propiedades químicas y físicas que inciden positivamente en el mantenimiento de la salud y en la prevención de una amplia gama de enfermedades (Aqualongo et al., 2022).

Las proteínas de la leche se dividen en dos grupos principales: la caseína, que constituye el 80% del total, y la proteína de suero que constituye el resto; esta última no solo juega un papel importante en la nutrición como un producto equilibrado de aminoácidos, sino que en muchos casos parece tener un efecto biológico y fisiológico positivo en el organismo (Zhao et al., 2021). Por ejemplo, tienen efectos anticancerígenos dado que se ha demostrado que desempeñan un papel protector contra el cáncer de colon y también estimulan la respuesta inmune, ayudando así a prevenir infecciones causadas por virus o bacterias (Zou & Chang, 2022).

Durante los últimos años, las fracciones de suero de leche ganan significativa atención debido a sus ventajas en términos de beneficios para la salud y diversas aplicaciones; sus proteínas son muy valiosas para la industria farmacéutica por sus efectos biológicos, anticancerígenos, antimicrobianos, antivirales, antioxidantes, retardantes de la osteoporosis, antiinflamatorios, antihipertensivos, antitrombóticos y reductores del colesterol (Rascón-Cruz et al., 2021). Varios estudios demuestran que la hidrólisis enzimática de las proteínas del suero libera péptidos que presentan actividad biológica (Tovar-Jiménez et al., 2017).

En la industria alimentaria también existen reportes sobre los beneficios de este producto en el procesamiento de alimentos, por su contribución a la cremosidad, textura, capacidad de retención de agua, opacidad y adhesión. Tiene, además, excelentes cualidades nutricionales y es fácil de digerir, por lo que el lactosuero procesado se puede encontrar en el mercado en forma de polvo o como aislado proteico, que se utiliza en formulaciones de leche reconstituida, bebidas proteicas, panes, dulces, productos lácteos, diluyentes cárnicos y alimentación animal, entre otros (Arce-Méndez et al., 2016).

Potencialidades para la valorización del suero lácteo generado por la industria quesera

Entre los diversos subproductos lácteos, el suero constituye una gran porción de proteínas, lactosa y minerales; su alto contenido de materia orgánica es el responsable de su adecuada gestión. Se evalúan diversas tecnologías, aplicaciones y procesos sostenibles de diferentes métodos para utilizar esta enorme cantidad de suero con repercusiones ambientales, económicos y sociales (Panghal et al., 2018).

Motta-Correa y Mosquera (2015), mencionan que “El suero de la leche es un subproducto de la industria láctea con un gran potencial para la utilización de componentes con valor agregado en la industria alimentaria, sin embargo, el desaprovechamiento y mal manejo genera gran contaminación ambiental. (...)” (p. 81); proponiéndose variantes para su utilización por varios autores (Tabla 1).

Tabla 1. Relación de artículos seleccionados que utilizan diferentes procesos de valorización del suero lácteo.

Valorización del suero de quesería	Autores / año de publicación	Países
Microorganismos eficaces para el aprovechamiento de lactosuero	Pérez-Pérez et al., 2019	Cuba
Lombrifiltro	Quille Quille, 2019	Perú
Fermentación alcohólica del lactosuero	Bendelja Ljoljić et al., 2023	Croacia
	Vinocunga-Pillajo et al., 2023	Ecuador
Lactosuero como fuente de biopolímeros	Zikmanis et al., 2020	Letonia
	Penloglou et al., 2023	Grecia
Jarabe de lactosuero	Cervantes et al., 2020	España
Conversión de suero lácteo a biogás	Ramos-Suárez et al., 2024	España
	Silva dos Santos et al., 2024	Brasil
Obtención de ácido láctico	Tsaturyan et al., 2023	Armenia
	Sayed et al., 2020	Egypto
Lactosuero como medio de cultivo de microorganismos	Serrat-Díaz et al., 2021	Cuba
	Tasar y Tasar, 2024	Turquía

Como se puede apreciar en los diferentes estudios y países, el lactosuero residual de la elaboración de quesos puede ser transformado de una manera viable y económica a través de diferentes procesos tecnológicos.

Obtención de bebidas lácteas a partir del lactosuero

Si se parte de las referencias dadas para la valorización del suero lácteo (Tabla 1), los métodos microbiológicos enzimáticos pudieran tener, a corto plazo, para las condiciones

de Cuba, las mejores posibilidades para el uso de este subproducto como bebida láctea fermentada, utilizando cepas de microorganismos funcionales.

En el caso particular de la fábrica de Quesos Mérida, una Unidad Empresarial de Base (UEB) de la Empresa Productos Lácteos Río Zaza, perteneciente al Grupo Empresarial de la Industria Alimenticia que se encuentra ubicada en la localidad del mismo nombre, en la línea norte de Yaguajay, provincia Sancti Spíritus, Cuba; se trabaja diariamente para un promedio de 50,000 litros (L) de leche, de esta cantidad más del 95% se destina a la producción de quesos y yogurt y lo que resta, a la producción de postres. De la fabricación de queso se genera un volumen de suero de aproximadamente 40 000 L, del que sólo se utiliza en el consumo humano el 10 %, para la producción de requesón. Otra parte se destina al consumo animal y el resto es arrojado al medio, sin previo tratamiento, pudiéndose utilizar como producto alimenticio para el consumo humano de la población local en Yaguajay.

Sin embargo, se proponen tratamientos destinados a la elaboración de alimentos para el consumo humano debido a los bajos costos de producción, grado de calidad alimenticia y aceptable sabor del lactosuero (Figueroa Pires et al., 2021).

El término “bebidas a base de suero” tiende a enfocarse principalmente en productos bebibles, elaborados tradicionalmente a partir de suero líquido como componente principal o, al menos, como el más significativo, que aportan nutrientes como calcio y proteínas. En la utilización del suero para la elaboración de algunas bebidas se les añade entre un 4 y un 5% de jugos cítricos, proporcionando una bebida rica en nutrientes, de pH estable, con alto valor nutritivo, que rehidrata y es menos ácida que los jugos de frutas (Castells et al., 2017).

Se reportan estudios con resultados favorables que en su diseño utilizan lactosuero como sustituto parcial de leche y diferentes estabilizantes comerciales y se compararon sus propiedades con un yogur natural azucarado (Montesdeoca et al., 2017). De igual forma, se evalúan bebidas lácteas fermentadas a base de lactosuero y harina de camote (Gavilanes López et al., 2018), también se elabora un tipo de yogurt a base de lactosuero dulce (Marulanda et al., 2016) y en combinaciones del suero con productos a base de soya (Liu et al., 2022).

En los estudios respecto a los atributos cualitativos del yogur desnatado, preparado con aislado proteínico de lactosuero con reticulación enzimática o polimerizado térmico, se evaluaron los impactos de reemplazar las proteínas de la leche por dos aislados proteínicos de lactosuero modificados (PLM).

Luego de realizar la comparación con el yogur control generado únicamente a partir de leche desnatada, estas muestras de yogur no revelaron diferencias en las composiciones principales; aunque la utilización de PLM reticulado retrasó, de alguna forma, la fermentación del yogur y estas muestras de yogur han mejorado los valores de dureza, adhesión, ligereza y cohesión, reduciéndose la sinéresis, especialmente con la utilización del tratamiento a alta temperatura y larga duración de PLM, los dos PLM, reticulados y polimerizados, han creado muestras de yogur con una viscosidad, elasticidad y módulos viscosos mejorados, además de una mejor estructura, en general, la PLM polimerizado fue mejor que la PLM reticulado para mejorar estos atributos cualitativos (Shi et al., 2017).

El estudio respecto a la reutilización del lactosuero ácido y dulce de las queserías de Cajamarca en la elaboración de una bebida con sabor a poro-poro (*Pasiflora mollisima*) y sauco (*Sambucus peruviana*) el tratamiento con mayor aceptación y más parecidos a la muestra cero fueron los tratamientos para ambas frutas, cuyas formulaciones fueron: 70% zumo de fruta, 30% lactosuero, 10% azúcar, y 0,1% de benzoato de sodio. Los resultados fisicoquímicos y microbiológico cumplieron con la normatividad vigente (Salazar et al., 2016).

Varios son los estudios que han reportado formulaciones de bebidas refrescantes de suero lácteo, en las que se han incorporado jugos y pulpas de frutas, estabilizantes, colorantes y edulcorantes u otros saborizantes para incrementar su calidad sensorial (Agualongo et al., 2022). Una bebida de suero fermentada con cultivos de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, adición de harina de arroz (*Oryza sativa*) y pulpa de mango, con un diseño de mezcla con dieciséis corridas experimentales fue elaborada por Colominas-Aspuro et al., quienes obtuvieron que la mejor formulación estuvo compuesta por 78,5 % de suero, 7,5 % de pulpa de mango, 0,2 % de goma guar, 3 % de cultivo, 7 % de azúcar y 3,75 % de harina de arroz; este mismo autor también

desarrolla otra bebida de suero fermentada con bacterias probióticas, adición de harina de arroz y sabor naranja con resultados favorables (Colominas-Aspuro et al., 2021).

Se reportó una bebida fermentada elaborada a partir de suero de queso, con la tecnología de leche fermentada de coágulo, con inoculación a temperaturas de 43 – 45 °C y la adición ulterior de aromatizante y color. El producto final obtuvo buena aceptación por los consumidores y una vida útil de siete días, envasada en potes de 500 mL y almacenada a temperaturas de entre 4 °C y 6 °C (Miranda et al., 2014).

Otro estudio refirió la elaboración de una bebida a base de pulpa de copuazú (*Theobroma grandiflorum*) y suero lácteo (Rodríguez González et al., 2020). Los autores diseñaron tres formulaciones de bebidas, las cuales variaron el porcentaje de pulpa de *Theobroma grandiflorum* (10, 20 y 30 % m/m) y concluyeron que todas presentaron porcentajes proteicos superiores a los requerimientos para bebidas lácteas y que la formulación de mayor aceptación fue la de 70 % de lactosuero y 30 % de copuazú, este sabor fue el factor de mayor puntuación (Miranda et al., 2019).

Se obtuvo una bebida fermentada de suero con la adición de salvado de trigo y pulpa de guayaba (*Psidium guava* L.), compuesta por 79,5 % de suero, 10 % de pulpa de guayaba, 7 % de azúcar, 3 % de cultivo *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus casei* (1:1), 0,5 % de salvado de trigo y 0,3 % de goma guar. La bebida presentó un 11,78 % de hidratos de carbono, 0,63 % de proteínas, 0,47 % de cenizas y 0,1 % de grasa, así como buena aceptación sensorial (Rodríguez González et al., 2020).

CONCLUSIONES

El lactosuero es un subproducto de la producción de quesos, altamente contaminante, que tiene un alto valor nutricional al contener cerca del 55 % del total de componentes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, grasas y minerales, lo cual permite su valorización a nivel local en una gran diversidad de productos bajo un enfoque de economía circular. Las bebidas lácteas son muy utilizadas en la valorización del suero de queserías mediante diversas formulaciones; y entre ellas destaca la fermentación con adición de cultivos lácteos. La misma puede darle sostenibilidad a las plantas de queso al utilizarse equipos instalados con que se dispone, como en el caso de la fábrica de Queso Mérida de Yaguajay.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agualongo, L., Aucatoma, D., Sagnay, D., Santillan, N. y Jácome, C. (2022). El suero de leche, subproducto de la industria de queso: Composición, recuperación de proteínas y aplicaciones. *Journal of Agro-Industry Sciences*, 4(1), 13-22. https://www.academia.edu/88538932/Cheese_Whey_a_By_Product_from_the_Dairy_Industry_Composition_protein_recovery_and_applications
- Aguiar, S., Uvidia, H. y Arboleda, L. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 5(15), 649 – 660. <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v5n15/2664-0902-arca-5-15-266.pdf>
- Arce-Méndez, J. R., Thompson-Vicente, E. y Calderón-Villaplana, S. (2016). Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 61-71. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43743010006.pdf>
- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J. y Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105-116. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/3453/4128>
- Benaissa, M., Halima, Z. K. & Karam, N. E. (2017). Development of a sweet whey-based medium for culture of *Lactobacillus*. *African Journal of Biotechnology*, 16(30), 1630-1637. https://www.researchgate.net/publication/319125521_Development_of_a_sweet_whey-based_medium_for_culture_of_Lactobacillus
- Bendelja Ljoljić, D., Kalit, S., Kazalac, J., Dolenčić Špehar, I., Mihaljević Žulj, M. M., Maslov Bandić, L. & Tudor Kalit, M. (2023). The potential of using Istrian albumin cheese whey in the production of whey distillate. *Fermentation*, 9(2), 1-11. https://www.researchgate.net/publication/368681287_The_Potential_of_Using_Istrian_Albumin_Cheese_Whey_in_the_Production_of_Whey_Distillate
- Benítez de la Torre, A., Montejo-Sierra, I. L., Nava-Galicia, S. B. y Bibbins-Martínez, M. (2021). Aprovechamiento de lactosueros generados en queserías artesanales para la producción de proteína unicelular enriquecida (PUC+ PP) y probióticos. *AyTBUAP. Alianzas y tendencias BUAP*, 6(24), 128-142.

- <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/718363dc-1486-4de7-9f0a-399e94a6082f/content>
- Brito, H., Santillán A., Arteaga, M., Ramos, E., Villalón, P. y Rincon, A. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 11(26), 257-268. <https://core.ac.uk/download/pdf/236406128.pdf>
- Castells, M. L., González, M., Mattos, C., Juliano, P., Silva, C. M., Sepulveda, J. U., Jorcín, S., Krolow, A. C., Di Risio, J. y López, T. (2017). Alternativas de valorización de sueros de quesería. En G. Muset y M. L. Castells (Compil.) *Valorización del lactosuero* (pp. 23-46). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191130/1/Ana-Krolow-lactosuero.pdf>
- Cervantes, F. V., Neifar, S., Merdzo, Z., Viña-Gonzalez, J., Fernandez-Arrojo, L., Ballesteros, A. O., Fernandez Lobato, M., Bejar, S. y Plou, F. J. (2020). A three-step process for the bioconversion of whey permeate into a glucose-free D-tagatose syrup. *Catalysts*, 10(6), 647. <https://www.mdpi.com/2073-4344/10/6/647>
- Colominas-Aspuro, A. M., Rodríguez González, D. y Zumbado-Fernández, H. M. (2021). Bebida refrescante de suero lácteo con adición de harina de arroz y sabor naranja. *Agronomía Mesoamericana*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/51970/55126>
- Figueroa Pires, A., Garcia Marnotes, N., Díaz Rubio, O., Cobos Garcia, A. & Dias Pereira, C. (2021). Dairy by-products: A review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*, 10(5), 1067. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/5/1067>
- Gavilanes López, P. I., Zambrano Zambrano, Á. M., Romero Rosado, C. F. y Moro Peña, A. (2018). Evaluación de una bebida láctea fermentada novel a base de lactosuero y harina de camote. *La Técnica: revista de la Agriciencia*, (19), 47-60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6544945>
- Liu, Q., Sun, Y., Cheng, J., Zhang, X. & Guo, M. (2022). Changes in conformation and functionality of whey proteins induced by the interactions with soy isoflavones. *LWT-Food Science and Technology*, 163. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364382200490X>

- Lizárraga-Chaidez, M., Mendoza-Sánchez, M., Abadía-García, L. y García-Pérez, J. (2023). El inocente impacto ambiental del suero de la leche. *EPISTEMUS: Ciencia, Tecnología y Salud*, 18(35).
<https://epistemus.unison.mx/index.php/epistemus/article/view/316/397>
- Marulanda, M., Granados, C. y García-Zapateiro, L. (2016). Análisis sensorial y estimación fisicoquímica de vida útil de una bebida tipo yogur a base de lactosuero dulce fermentada con *Streptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus* y *Lactobacillus casei* ssp. *casei*. *Producción+ Limpia*, 2(1), 94-102.
<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v11n1/v11n1a10.pdf>
- Miranda Miranda, O., Fonseca Palma, P. L., Ponce Palma, I., Cedeño Agramonte, C., Sam Rivero, L. y Martí Vázquez, L. (2019). Una bebida probiótica con posibles aplicaciones terapéuticas elaborada a escala industrial a partir del suero de leche. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 29(2), 347-358.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubalnut/can-2019/can192g.pdf>
- Miranda Miranda, O., Fonseca, P. L., Ponce, I., Cedeño, C., Sam Rivero, L. y Martí Vázquez, L. (2014). Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de leche que incorpora *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 24(1), 7-16.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubalnut/can-2014/can141b.pdf>
- Montesdeoca, R., Benítez, I., Guevara, R. y Guevara, G. (2017). Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero. *Revista chilena de nutrición*, 44(1), 39-44. <https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v44n1/art06.pdf>
- Motta-Correa, Y. O. y Mosquera M., W. J. (2015). Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos. *@limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(1), 81-91.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/1599/1698>
- Panghal, A., Patidar, R., Jaglan, S., Chhikara, N., Khatkar, S. K., Gat, Y. & Sindhu, N. (2018). Whey valorization: current options and future scenario-a critical review. *Nutrition & Food Science*, 48(1), 520-535.
https://www.researchgate.net/publication/324786512_Whey_valorization_current_options_and_future_scenario_-_a_critical_review

- Papademas, P. & Kotsaki, P. (2019). Technological utilization of whey towards sustainable exploitation. *Advances in Dairy Research*, 7(4), 1-10. <https://www.longdom.org/open-access/technological-utilization-of-whey-towards-sustainable-exploitation.pdf>
- Penloglou, G., Pavlou, A. & Kiparissides, C. (2023). Microbial Conversion of Cheese Whey to Polyhydroxybutyrate (PHB) via Statistically Optimized Cultures. *Fermentation*, 9(7), 624. <https://www.mdpi.com/2311-5637/9/7/624>
- Pérez-Pérez, M., Marquez-Mota, C., Castrejón-Pineda, F., Vallejo, L., García-Pérez, Á., Romero-Pérez, A. & Corona, L. (2019). PSXIV-26 Effect of effective microorganisms (EM®) and milk whey or molasses on in vitro digestibility of corn stover silage. *Journal of animal science*, 97(3), 447-448. https://academic.oup.com/jas/article-abstract/97/Supplement_3/447/5665767?redirectedFrom=fulltext
- Quille Quille, L. (2019). Microorganismos eficaces y lombrifiltro para la remoción de residuos lácteos de la planta quesera “La Bodeguilla – Valle de Moquegua”. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado*, 8(3), 1151-1163. <https://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/download/1006/262>
- Quille Quille, L., Luque Vilca, O. M. y Aruhuanca Ordoñez, F. P. (2021). Potencialidades del lactosuero generado por la industria quesera y su valorización. *Revista científica I+D Aswan Science*, 1(2), 16-24. <https://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe/index.php/sciencie/article/view/10/9>
- Ramos-Suárez, J., Álvarez-Méndez, S., Ritter, A., Mata González, J. & Camacho Pérez, A. (2024). A comprehensive evaluation of cheese whey to produce biogas in the Canary Islands. *Biomass and Bioenergy*, 180. <https://www.x-mol.com/paperRedirect/1729700317622980608>
- Rascón-Cruz, Q., Espinoza-Sánchez, E. A., Siqueiros-Cendón, T. S., Nakamura-Bencomo, S. I., Arévalo-Gallegos, S. & Iglesias-Figueroa, B. F. (2021). Lactoferrin: A glycoprotein involved in immunomodulation, anticancer, and

- antimicrobial processes. *Molecules*, 26(1), 205. <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/1/205>
- Rivera Flores, V. K., DeMarsh, T. A., Gibney, P. A. & Alcaine, S. D. (2021). Fermentation of Dairy-Relevant Sugars by *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, and *Brettanomyces*: An Exploratory Study with Implications for the Utilization of Acid Whey, Part I. *Fermentation*, 7(4), 266. <https://www.mdpi.com/2311-5637/7/4/266>
- Rodríguez González, D., Colominas Aspuro, A. M., Rodríguez Fuertes, W. S. y Hernández Monzón, A. (2020). Bebida fermentada de suero con la adición de salvado de trigo y pulpa de guayaba (*Psidium guava* L.). *Tecnología Química*, 40(2), 428-441. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v40n2/2224-6185-rtq-40-02-428.pdf>
- Salazar, A., Oblitas, J. y Rojas, E. (2016). Reutilización del lactosuero ácido y dulce de las queserías de Cajamarca en la elaboración de una bebida con sabor a poroporo (*Passiflora Mollissima*) y sauco (*Sambucus Peruviana*). *Agroindustrial Science*, 6, 45-51. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1127/1053>
- Sayed, W. F., Salem, W. M., Sayed, Z. A. & Abdalla, A. K. (2020). Production of lactic acid from whey permeates using lactic acid bacteria isolated from cheese. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*, 3(2), 78-95. https://svu.journals.ekb.eg/article_113480.html
- Serrat-Díaz, M., De la Fé-Isaac, A. D. y De la Fé-Isaac, J. A. (2021). Optimización de la producción de lípidos a partir de lactosuero y melaza por una cepa de levadura oleaginosa. *Revista Cubana de Química*, 33(3), 274-290. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v33n3/2224-5421-ind-33-03-274.pdf>
- Shi, J., Li, D. & Zhao, X.-H. (2017). Quality attributes of the set-style skimmed yoghurt containing enzymatic cross-linked or thermal polymerized whey protein isolate. *CyTA-Journal of Food*, 15(1), 34-40. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2016.1200673>
- Silva dos Santos, A. C., Santana Peiter, F. S., Albuquerque de Oliveira, M. V., Cavalcante de Amorim, E. L. & Resende, M. M. de. (2024). Biomethane production using goat manure and cheese whey: statistical analysis of the effect of

- mixture composition. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 12, 1-10
<https://link.springer.com/article/10.1007/s43153-024-00442-2>
- Tasar, O. C. & Tasar, G. E. (2024). Coproduction of inulinase and invertase by *Galactomyces geotrichum* in whey-based medium and evaluation of additional nutrients. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 1-8.
https://www.researchgate.net/publication/378154101_Coproduction_of_inulinase_and_invertase_by_Galactomyces_geotrichum_in_whey-based_medium_and_evaluation_of_additional_nutrients
- Tovar-Jiménez, X., Muro-Urista, C. R., Tellez-Jurado, A., Mercado-Flores, Y., Abreu-Corona, A. & Arana-Cuenca, A. (2017). Hydrolysate antimicrobial activity released from bovine whey protein concentrate by the aspartyl protease Eap1 of *Sporisorium reilianum*. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(1), 11-18.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62049878002>
- Tsaturyan, A., Arstamyan, L., Sargsyan, A., Saribekyan, J., Voskanyan, A., Minasyan, E., Israelyan, M., Sargsyan, T. y Stepanyan, L. (2023). Development of an efficient method for obtaining lactose and lactulose from whey. *Pharmacia*, 70(4), 1039-1046. <https://pharmacia.pensoft.net/article/109086/>
- Vinocunga-Pillajo, D. R., Jiménez Tamayo, F. M., Sánchez Vallejo, C. A. y Romero Vistín, A. S. (2023). Obtención de bioetanol carburante a partir del lactosuero en la provincia de Chimborazo utilizando Super Pro designer. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 3149-3163
https://www.researchgate.net/publication/373056747_Obtencion_de_bioetanol_carburante_a_partir_del_lactosuero_en_la_provincia_de_Chimborazo_utilizando_Super_Pro_designer
- Wani, N. R., Rather, R. A., Farooq, A., Padder, S. A., Baba, T. R., Sharma, S. Mubarak, N. M., Khan, A. H., Singh, P. & Ara, S. (2024). New insights in food security and environmental sustainability through waste food management. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 17835-17857.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11356-023-26462-y.pdf>
- Williams Zambrano, M. B. y Dueñas Rivadeneira, A. A. (2021). Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: Antecedentes investigativos y usos tradicionales.

La Técnica: Revista de las Agrociencias, (26), 39-49.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8232844.pdf>

Zhao, C., Chen, N. & Ashaolu, T. J. (2021). Whey proteins and peptides in health-promoting functions-A review. *International Dairy Journal*, 126(105269).

https://www.researchgate.net/publication/356056903_Whey_proteins_and_peptides_in_health-promoting_functions_-_A_review

Zikmanis, P., Kolesovs, S. & Semjonovs, P. (2020). Production of biodegradable microbial polymers from whey. *Bioresources and Bioprocessing*, 7(36), 1-15.

<https://bioresourcesbioprocessing.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s40643-020-00326-6.pdf>

Zotta, T., Solieri, L., Lacumin, L., Picozzi, C. & Gullo, M. (2020). Valorization of cheese whey using microbial fermentations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(7), 2749-2764. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32009200/>

Zou, J. & Chang, X. (2022). Past, Present, and Future Perspectives on Whey as a Promising Feedstock for Bioethanol Production by Yeast. *Journal of Fungi*, 8(395), 1-22.

<https://pdfs.semanticscholar.org/3a78/1176d319039d608f5263df19d38d4ab3af52.pdf>

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

Márgenes publica sus artículos bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

