

Potencialidades de la enzima L-glutaminasa en la industria de alimentos

Musumeci, Matías, Flavia V. Ferreira, Andreína Herrmann-Andrade, Carla Calabrerse

Autor: Facultad de Ciencias de la Alimentación de la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). Mons. Tavella 1450 - Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Entre Ríos (ICTAER), doble dependencia UNER-CONICET.

Contacto: matias.musumeci@uner.edu.ar

ARK: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/h8bbx2yq5>

RESUMEN

Las enzimas representan una herramienta de gran potencial para abordar las demandas de la industria de alimentos y su manufactura ha emergido como una de las industrias estratégicas para generar valor agregado. La enzima L-glutaminasa cataliza la desaminación hidrolítica del aminoácido L-glutamina, produciendo ácido L-glutámico, un potenciador del sabor, y amonio, un neutralizador de la acidez. Los hidrolizados proteicos presentan distintas actividades biológicas beneficiosas para la salud. Sin embargo, el sabor amargo característico es el principal factor que limita su rango de aplicaciones. Los métodos fisicoquímicos frecuentemente usados para disminuir el sabor amargo ocasionan resultados no deseados. Para superar esta limitación la modificación inducida por desaminación con L-glutaminasa ha sido propuesta como una técnica efectiva para mejorar el sabor. Este proceso además aumenta la solubilidad de hidrolizados proteicos y mejora sus propiedades espumantes y emulsionantes. El presente proyecto propone investigar la capacidad de la L-glutaminasa de *Bizonia argentinensis* (una bacteria marina aislada de la península Antártica) para potenciar el sabor de hidrolizados proteicos. Para ello, se procedió al clonado, expresión recombinante, purificación y caracterización de esta enzima en condiciones variables de temperatura, pH, salinidad y solventes orgánicos. Los resultados mostraron que la enzima retuvo el 90% de la actividad máxima a 25°C y a 3 M NaCl. Además, pudo incrementar el contenido de L-glutamato en hidrolizados proteicos.

Palabras clave: Hidrolizados proteicos, sabor umami, tratamiento enzimático, *Trichoderma*

Objetivos propuestos y cumplidos

Objetivos propuestos:

1) Producir de manera recombinante la L-glutaminasa de *Bizionia argentinensis* JUB59 en *Escherichia coli* y *Corynebacterium glutamicum*. Este objetivo permitiría establecer cuán efectiva es la expresión de la enzima en distintos hospedadores, comparar rendimientos de producción en ambos sistemas y conocer si existe factibilidad para proyectar una producción a gran escala. Las actividades comprendidas en este objetivo son:

2) Conocer las propiedades cinéticas de la enzima purificada. De esta manera sería posible estimar cuantitativamente el grado de eficiencia de la enzima en distintas condiciones. Actividades planeadas:

2.1.- Purificación de la L-glutaminasa mediante cromatografía de afinidad

2.2.- Caracterización cinética

3) Evaluar el potencial de la L-glutaminasa en hidrolizados proteicos. Gracias a este objetivo podremos conocer de manera cuantitativa y cualitativa el potencial de la L-glutaminasa para modificar las propiedades físico-químicas de alimentos a base de hidrolizados proteicos.

Marco teórico y metodológico (síntesis)

Las enzimas son catalizadores biológicos extremadamente eficientes, producidos por organismos vivos que desempeñan la vital función de hacer factibles las diversas reacciones químicas requeridas por la vida. En 1988 la quimosina fue la primera enzima de origen recombinante en obtener la aprobación para uso alimentario en el Reino Unido [1]. Desde entonces, el uso de enzimas en la industria de alimentos se ha incrementado progresivamente hasta el punto de ser indispensables en la tecnología moderna de producción de alimentos.

Hoy día las enzimas son utilizadas en casi todas las áreas de producción de alimentos incluyendo el procesado de granos, en los productos lácteos, la cerveza, zumos, vino, azúcar y carne [2]. El uso de enzimas presenta varias ventajas [3]:

- Son altamente específicas, por lo que no propician reacciones secundarias indeseables.
- Funcionan en condiciones moderadas de temperatura y pH y no necesitan de condiciones de procesamiento drásticas que puedan alterar la naturaleza del alimento ni equipos costosos
- Son eficientes en muy bajas concentraciones
- Su velocidad puede ser regulada al ajustar el pH y la temperatura
- Pueden ser empleadas en condiciones extremas, como altas temperaturas, presencia de solventes orgánicos o baja concentración de agua.

Con el advenimiento de técnicas modernas de biología molecular y ADN recombinante fue posible mejorar la eficiencia de la obtención de enzimas y reducir los impactos ambientales de la producción de alimentos. En este aspecto, se destacan los organismos modificados genéticamente (OMG), los cuales ofrecen distintos beneficios, como producir enzimas con mayor pureza y especificidad [1]. Mediante OMG es posible obtener enzimas que de otra manera no sería factible debido a razones económicas, de salud laboral o medioambiental. También garantizan una reducción en el consumo de energía y en la producción de residuos por parte de las plantas de producción. Además permiten un uso más eficiente de materias primas (en la industria de los zumos) [4], mejor mantenimiento de la calidad del producto final y por lo tanto la reducción en el gasto de materia prima (en la industria del pan) [5], y menor uso de productos químicos en los procesos de producción (la industria del almidón) [6]. En el caso de las enzimas utilizadas en la fabricación de piensos permiten mayor asimilación de nutrientes y significativa reducción de la cantidad de fósforo liberado al ambiente durante la actividad ganadera [7]. Son utilizadas como adyuvantes en el procesamiento de alimentos, lo cual significa que solo ejercen su función

durante el procesamiento [1]. En el producto final, o bien no están presentes o bien no desempeñan ninguna función.

Las enzimas tienen el potencial para abordar las demandas crecientes por procesos sustentables, para lo cual resulta indispensable el rol de OMG. Hoy día, el 90% de las enzimas utilizadas en aplicaciones comerciales a gran escala proceden del empleo de la tecnología del ADN recombinante. En el futuro, se estima que casi todas las nuevas enzimas serán producidas a partir de OGM [8].

La L-glutaminasa (EC 3.5.1.2) cataliza la desaminación hidrolítica del aminoácido L-glutamina, produciendo ácido L-glutámico, un potenciador del sabor, y amoníaco, un neutralizador de la acidez. Pertenecen a la familia de las β -lactamasas serin-dependientes y son estrictamente específicas para L-glutamina [9]. En este aspecto se diferencian de las asparaginasas (EC 3.5.1.1), las cuales catalizan la hidrólisis de glutamina y asparagina con eficiencia similar.

La L-glutaminasa es una enzima relevante a nivel industrial cuya función resulta de interés en la medicina y también en la industria de los alimentos.

El interés por la L-glutaminasa comenzó con el descubrimiento de sus propiedades antitumorales [10]. Las células leucémicas dependen de L-glutamina en sangre como precursor metabólico para la síntesis de nucleótidos y proteínas, debido a ello se caracterizan por una alta velocidad de consumo de L-glutamina. La L-glutaminasa causa la muerte selectiva de células tumorales dependientes de glutamina por medio del bloqueo de la fuente de energía (es decir L-glutamina) para la proliferación celular [11]. Por ello han sido utilizadas para el tratamiento de leucemia linfocítica. Otra aplicación terapéutica reside en la terapia de VIH; al reducir los niveles de L-glutamina en suero y tejidos por prolongados periodos disminuye la actividad de la transcriptasa reversa de suero del VIH [11]. Gracias a esta propiedad se pudo patentar una terapia para VIH basada en la aplicación de la L-glutaminasa de *Pseudomonas* sp.7A para inhibir la replicación del virus en células infectadas [12].

En el campo terapéutico existe otra aplicación de la L-glutaminasa y es como un biosensor para monitorear el nivel de glutamina en líneas celulares de mamíferos e hibridomas [11]. Análisis de niveles de L-glutamina y glutamato de los fluidos corporales es un importante diagnóstico clínico para el control de salud.

Además de su uso terapéutico, la L-glutaminasa ha sido aplicada en la industria de los alimentos para incrementar el gusto [10]. El ácido L-glutámico, producido por esta enzima, es un aminoácido conocido por realzar el sabor y se le atribuye la sensación gustativa conocida como umami. Es por ello que la L-glutaminasa tiene un importante rol en el desarrollo del sabor, por ejemplo en la producción de embutidos. La suplementación de alimentos fermentados tales como miso, salsa de soja y pickles con L-glutaminasa permite incrementar el contenido de ácido glutámico y hacerlos más sabrosos [1].

Los hidrolizados proteicos presentan distintas actividades biológicas beneficiosas para la salud, como anti-hipertensivas, antioxidantes, anti-trombóticas, hipoglicémico, hipocolesterolemico y antibacteriana [13]. Además, los aminoácidos pueden ser asimilados con mayor facilidad cuando se encuentran en péptidos pequeños, resultantes de la hidrólisis de proteínas. Sin embargo, el sabor amargo de los hidrolizados proteicos es el principal factor que limita su potencial y rango de aplicaciones [14]. Los métodos fisicoquímicos frecuentemente usados para disminuir el sabor amargo ocasionan resultados no deseados [15]. Para superar esta limitación la modificación inducida por desaminación con L-glutaminasa ha sido propuesta como una técnica de gran efectividad para mejorar el sabor de hidrolizados de proteínas de origen vegetal [14]. Este proceso además aumenta la solubilidad de hidrolizados proteicos y mejora sus propiedades espumantes y emulsionantes tanto en condiciones ácidas como alcalinas [16]. De esta manera, el empleo de L-glutaminasa puede potenciar las propiedades funcionales de alimentos proteicos.

En la industria de alimentos se destaca otra aplicación de esta enzima que corresponde a la producción de químicos finos como la teanina (©©-L glutamil etilamida), uno de los principales componentes activos del té verde [10]. Estudios clínicos sobre las propiedades fisiológicas de la teanina mostraron capacidad para suprimir la estimulación ejercida por la cafeína, efecto potenciador sobre agentes anti-tumorales y un rol como antihipertensivo [17].

Considerando el potencial de la L-glutaminasa, existen distintas compañías que las comercializan y producen a escala industrial, generalmente de origen bacteriano, como las industrias japonesas Taiyo Kagaku Co. Ltd. y Amano Enzyme Inc. ó la irlandesa Megazyme International Ireland Co. Ltd.

Las L-glutaminasas están ampliamente distribuidas en bacterias, actinomicetos, hongos, levaduras y eucariotas, pero están ausentes en archeas, algunos termófilos y vegetales [10]. La mayoría de los microbios que producen L-glutaminasa han sido aislados del suelo y unos pocos de ambientes marinos. Se ha reportado la purificación y caracterización de las enzimas provenientes de distintos organismos como *Aspergillus oryzae*, *Rhizobium etli*, *Thermotoga maritima* y *Debaryomyces* entre otros, siendo la mayoría de carácter intracelular [10]. Distintos hospedadores recombinantes han sido empleados tales como *Aspergillus oryzae*, *Escherichia coli*, *Sacharomyces cerevisiae* [18] y Gram-positivas como *Bacillus subtilis* [19] y *Corynebacterium glutamicum* [20]. En general las enzimas reportadas funcionan óptimamente en el rango de 20-50 °C, destacándose la enzima proveniente de *Trichoderma reesei* por mantener la actividad enzimática a 70°C [21]. Sin embargo, altas concentraciones de sal inhiben notoriamente la actividad enzimática, lo cual puede limitar aplicaciones de la enzima en condiciones de alta salinidad [10]. Debido a ello existe interés por enzimas tolerantes a elevadas concentraciones de sal y por lo tanto las L-glutaminasas han sido exploradas en bacterias marinas como *Micrococcus luteus* K-3 [22].

Actualmente, existe una demanda por enzimas que funcionen en condiciones compatibles con los procesos empleados en el procesamiento de alimentos, como alta salinidad, temperaturas moderadas y escasa proporción de agua. La biodiversidad de ecosistemas marinos es una valiosa fuente para coleccionar un inventario de enzimas diversas que puedan satisfacer esta demanda [23]. Estas enzimas poseen características particulares como tolerancia a la salinidad, capacidad para funcionar en solventes orgánicos, hiper-termoestabilidad y adaptación al frío.

El presente proyecto propone clonar, expresar y caracterizar la L-glutaminasa de la bacteria marina *Bizionia argentinensis* JUB59. Esta bacteria es Gram negativa, perteneciente al filo Bacteroidetes, clase Flavobacteria y fue aislada de la superficie de aguas marinas de Caleta Potter, en la península Antártica, por el grupo dirigido por el Dr. Walter Mac Cormack (Instituto Antártico Argentino, Universidad de Buenos Aires) [24, 25]. Al tratarse de una bacteria psicrófila, sus enzimas estarían adaptadas para funcionar óptimamente a bajas temperaturas. La caracterización de esta novedosa L-glutaminasa permitiría conocer sus potenciales aplicaciones en la industria de los alimentos.

La hipótesis de trabajo plantea que la L-glutaminasa de *Bizionia argentinensis* puede producirse óptimamente de manera recombinante y presenta potencial para incrementar el valor agregado de productos a base de hidrolizados proteicos en la industria de alimentos.

Síntesis de resultados y conclusiones

Se logró clonar el gen codificante para la L-glutaminasa de *Bizionia argentinensis* JUB59 en vectores de expresión pET-TEV y pGTR101. La fidelidad de la construcción fue corroborada por análisis de secuenciación (Macrogen, Corea). Con estas construcciones, se llevó a cabo la expresión de la L-glutaminasa en los hospedadores recombinantes *Escherichia coli* (pET-TEV) y *Corynebacterium glutamicum* (pGTR-101). La enzima sólo pudo expresarse de manera óptima en *Escherichia coli*; no se obtuvo rendimiento óptimo de la enzima cuando fue expresada en *Corynebacterium glutamicum* en condiciones variables de temperatura, concentración de inductor, medio de cultivo y plásmidos con chaperonas. Probablemente,

al tratarse de una enzima proveniente de una bacteria Gram-negativa, su expresión sería óptima en un hospedador de la misma naturaleza.

Una vez puesta a punto la expresión, la L-glutaminasa fue purificada mediante cromatografía de afinidad en columna conteniendo Ni-NTA como resina (Figura 1A). La enzima purificada fue utilizada en distintos ensayos de caracterización cinética (Figura 1B). Sus parámetros cinéticos fueron determinados, como así también su actividad a distintas temperaturas (-5 °C a 100 °C), concentración salina, solventes orgánicos y pH, a fin de establecer si es activa en condiciones compatibles con procesos que implican el uso de hidrolizados proteicos.

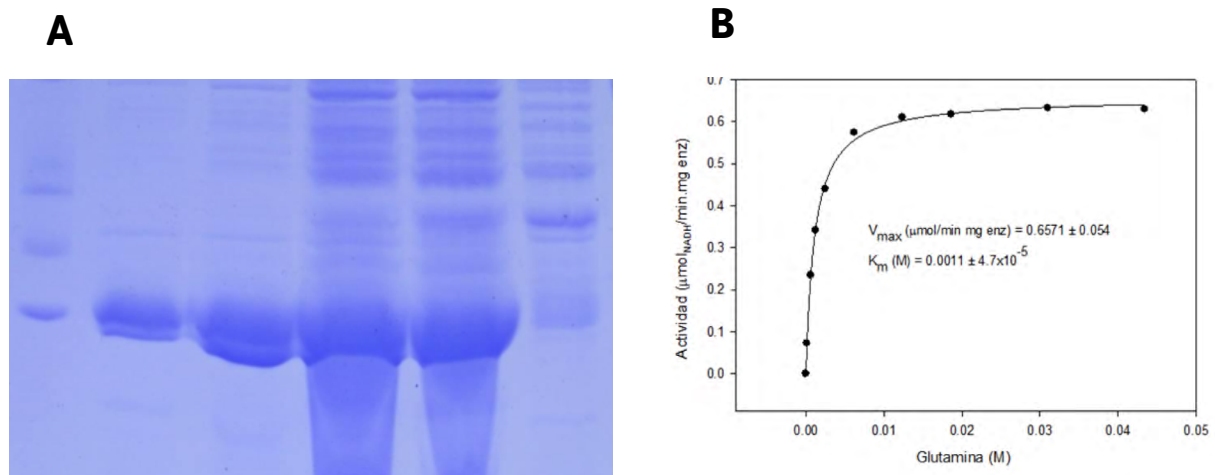


Figura 1. A) Purificación de la L-glutaminasa a partir de *E. coli*. La primera calle corresponde al patrón de pesos moleculares y las siguientes alícuotas de fracciones obtenidas durante la purificación en cromatografía de afinidad. La banda mayoritaria corresponde a la L-glutaminasa. B) Curva de actividad de la L-glutaminasa a partir de la cual se calcularon los parámetros cinéticos K_m y V_{max} .

Los resultados mostraron que la enzima presentó una elevada actividad a bajas temperaturas (Figura 2).

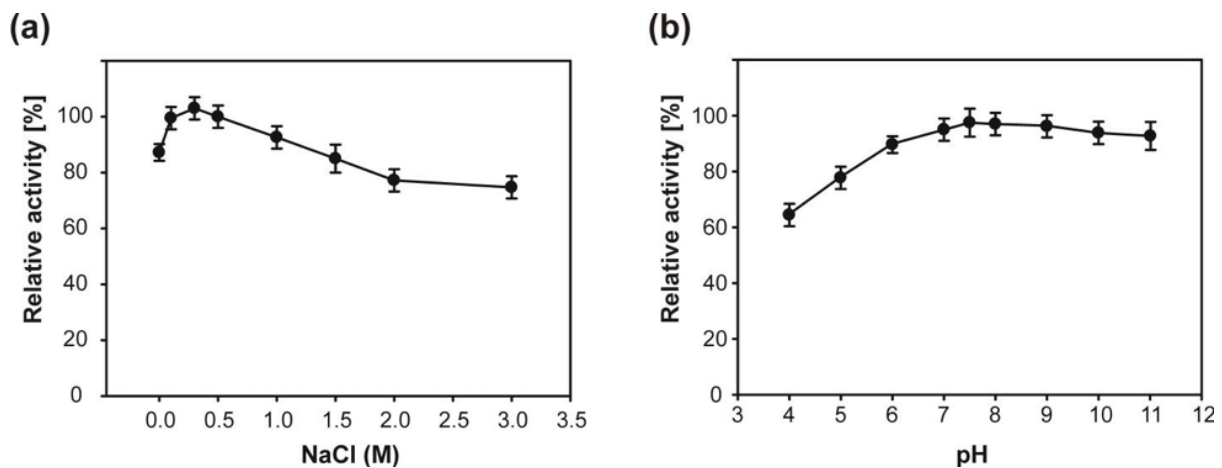


Figura 2. A) Actividad relativa en concentraciones crecientes de NaCl. B) Actividad relativa en condiciones variables de pH.

Además, presentó elevada actividad en un rango amplio de pH y concentración salina (Figura 3). La caracterización en solventes orgánicos mostró alta actividad en etanol y metanol 15% (v/v).

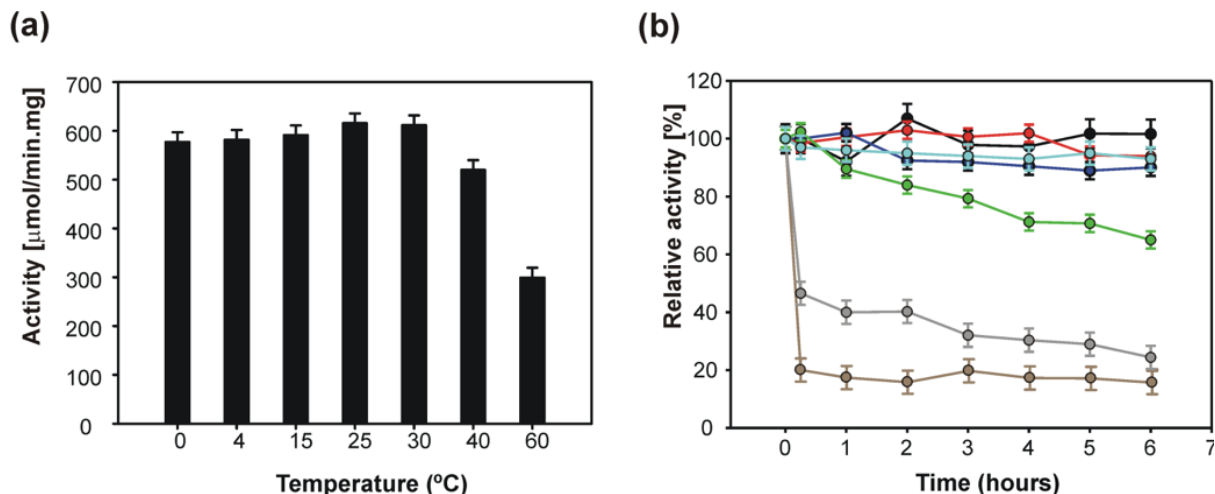


Figura 3. Actividad enzimática en función de la temperatura. A) Actividad específica a diferentes temperaturas. B) Actividad relativa a 0°C (negro), 4°C (rojo), 15°C (celeste), 25°C (azul), 30°C (verde), 40°C (gris) y 60°C (marrón) en función del tiempo.

También se incubó a la enzima en presencia de hidrolizados de proteína de soja a temperatura ambiente y se determinó de manera indirecta el L-glutamato producido (un producto de la reacción enzimática) a través de la medición de amonio (el otro producto de la reacción enzimática) mediante el método de Kjeldahl. Los resultados demostraron que la L-glutaminasa de *B. argentinensis* pudo producir amonio, y por consiguiente L-glutamato, con rendimientos óptimos y que la enzima presenta una elevada actividad a valores de temperatura ambiente e inferiores. Para mayor detalle, los resultados fueron publicados en el siguiente artículo:

Ferreira FV, Herrmann-Andrade AM, Binolfi A, Calabrese CD, Mac Cormack WP, Musumeci MA. "Characteristics of a Cold-Adapted L-glutaminase with Potential Applications in the Food Industry". (2021). Applied Biochemistry and Biotechnology. doi: 10.1007/s12010-021-03596-8.

Indicadores de producción

El laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Alimentación (FCAL) en el cual me desempeño como director, fue creado en el marco de un programa de CONICET y la FCAL-UNER para radicar investigadores en provincias vacantes. Desde mi radicación en octubre de 2017 la misión del laboratorio es abordar temáticas de interés regionales y promover productos de valor en la industria de alimentos desde la perspectiva construida por mi experiencia. El primer año me dediqué a concluir la línea de investigación de mi anterior grupo de trabajo, concretando la primer publicación del laboratorio en 2019 (Musumeci et al, 2019). Después de varios encuentros con productores, empresas, profesionales y otras entidades como el INTA, se crearon dos líneas de investigación: 1) Producción de enzimas de interés en la industria de alimentos; y 2) Control Biológico de patógenos de cultivos regionales mediante microorganismos endófitos. El presente proyecto se enmarca en la primera línea de investigación y el principal logro consistió en un artículo publicado recientemente, del cual participaron Flavia Ferreira, personal técnico de CONICET perteneciente al laboratorio de Bioquímica; y las becarias alumnas Carla Calabrese y Andreina Herrmann como coautoras. La segunda línea de investigación se desarrolló en simultáneo al presente proyecto, obteniéndose dos artículos publicados.

En el marco del presente proyecto, se publicaron los siguientes artículos:

- 1) Ferreira FV, Herrmann-Andrade AM, Binolfi A, Calabrese CD, Mac Cormack WP, Musumeci MA. "Characteristics of a Cold-Adapted L-glutaminase with Potential Applications in the Food Industry". (2021). *Applied Biochemistry and Biotechnology*. doi: [10.1007/s12010-021-03596-8](https://doi.org/10.1007/s12010-021-03596-8)
- 2) Ferreira FV, Musumeci MA. "Trichoderma as biological control agent: scope and prospects to improve efficacy". (2021). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 37(5):90. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03058-7>
- 3) Ferreira FV, Herrmann-Andrade AM, Calabrese CD, Bello F, Vázquez D, Musumeci MA. "Effectiveness of Trichoderma strains isolated from the rhizosphere of citrus tree to control *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Penicillium digitatum* A21 resistant to pyrimethanil in post-harvest oranges [*Citrus sinensis* L. (Osbeck)]". (2020). *Journal of Applied Microbiology*. <https://doi.org/10.1111/jam.14657>
- 4) Musumeci MA, Loviso CL, Lozada M, Ferreira FV, Dionisi HM. "Substrate specificities of aromatic ring-hydroxylating oxygenases of an uncultured gammaproteobacterium from chronically-polluted Subantarctic sediments" (2019). *International Biodeterioration & Biodegradation*. 137, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.12.005>

Bibliografía

1. Whitehurst, R. J., & Van Oort, M.: *Enzymes in food technology*: John Wiley & Sons; 2009.
2. Ray, L., Pramanik, S., & Bera, D. (2016). Enzymes-An Existing and Promising Tool of Food Processing Industry. *Recent patents on biotechnology*, 10(1), 58-71.
3. Badui Dergal, S., & Cejudo Gómez, H. R. T.: *Química de los alimentos*: Pearson educación; 2006.
4. Sharma, H. P., Patel, H., & Sugandha. (2017). Enzymatic added extraction and clarification of fruit juices—A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(6), 1215-1227.
5. Singh, R., Kumar, M., Mittal, A., & Mehta, P. K. (2016). Microbial enzymes: industrial progress in 21st century. *3 Biotech*, 6(2), 174.
6. Rawat, H. K., Soni, H., Treichel, H., & Kango, N. (2017). Biotechnological potential of microbial inulinases: recent perspective. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(18), 3818-3829.
7. Vohra, A., & Satyanarayana, T. (2003). Phytases: microbial sources, production, purification, and potential biotechnological applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 23(1), 29-60.
8. Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R.: *Fennema's food chemistry*: CRC press; 2007.
9. Nandakumar, R., Yoshimune, K., Wakayama, M., & Moriguchi, M. (2003). Microbial glutaminase: biochemistry, molecular approaches and applications in the food industry. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 23(2-6), 87-100.
10. Binod, P., Sindhu, R., Madhavan, A., Abraham, A., Mathew, A. K., Beevi, U. S., Sukumaran, R. K., Singh, S. P., & Pandey, A. (2017). Recent developments in L-glutaminase production and applications—An overview. *Bioresource technology*.
11. Sarada, K. (2013). Production and applications of L-Glutaminase using fermentation technology. *Asia Pac J Res*, 1, 1.
12. Roberts, J., MacAllister, T. W., Sethuraman, N., & Freeman, A. G.: Genetically engineered glutaminase and its use in antiviral and anticancer therapy. In.: Google Patents; 2001.
13. Nasri, M.: Protein hydrolysates and biopeptides: production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review. In: *Advances in food and nutrition research*. vol. 81: Elsevier; 2017: 109-159.

14. Liu, B. Y., Zhu, K. X., Guo, X. N., Peng, W., & Zhou, H. M. (2017). Effect of deamidation-induced modification on umami and bitter taste of wheat gluten hydrolysates. *Journal of the science of food and agriculture*, 97(10), 3181-3188.
15. Leksrisompong, P. P., Miracle, R. E., & Drake, M. (2010). Characterization of flavor of whey protein hydrolysates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(10), 6318-6327.
16. Hamada, J., & Marshall, W. (1989). Preparation and functional properties of enzymatically deamidated soy proteins. *Journal of Food Science*, 54(3), 598-601.
17. Unissa, R., Sudhakar, M., Reddy, A. S. K., & Sravanthi, K. N. (2014). A review on biochemical and therapeutic aspects of glutaminase. *International Journal of pharmaceutical sciences and research*, 5(11), 4617.
18. Masuo, N., Ito, K., Yoshimune, K., Hoshino, M., Matsushima, K., Koyama, Y., & Moriguchi, M. (2004). Molecular cloning, overexpression, and purification of *Micrococcus luteus* K-3-type glutaminase from *Aspergillus oryzae* RIB40. *Protein expression and purification*, 38(2), 272-278.
19. Brown, G., Singer, A., Proudfoot, M., Skarina, T., Kim, Y., Chang, C., Dementieva, I., Kuznetsova, E., Gonzalez, C. F., & Joachimiak, A. (2008). Functional and structural characterization of four glutaminases from *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *Biochemistry*, 47(21), 5724-5735.
20. Kikuchi, Y., Itaya, H., Date, M., Matsui, K., & Wu, L.-F. (2008). Production of *Chryseobacterium proteolyticum* protein-glutaminase using the twin-arginine translocation pathway in *Corynebacterium glutamicum*. *Applied microbiology and biotechnology*, 78(1), 67.
21. Karahan, M., Karakuş, E., Bülbül, D., & Atacı, N. (2014). Immobilization of glutaminase enzyme from *Hypocria jecorina* on polyacrylic acid: preparation and biochemical characterization. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 42(4), 262-267.
22. Moriguchi, M., Sakai, K., Tateyama, R., Furuta, Y., & Wakayama, M. (1994). Isolation and characterization of salt-tolerant glutaminases from marine *Micrococcus luteus* K-3. *Journal of fermentation and bioengineering*, 77(6), 621-625.
23. Trincone, A. (2011). Marine biocatalysts: enzymatic features and applications. *Marine drugs*, 9(4), 478-499.
24. Bercovich, A., Vazquez, S. C., Yankilevich, P., Coria, S. H., Foti, M., Hernandez, E., Vidal, A., Ruberto, L., Melo, C., & Marensi, S. (2008). *Bizionia argentinensis* sp. nov., isolated from surface marine water in Antarctica. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 58(10), 2363-2367.
25. Lanzarotti, E., Pellizza, L., Bercovich, A., Foti, M., Coria, S. H., Vazquez, S. C., Ruberto, L., Hernández, E. A., Dias, R. L., & Mac Cormack, W. P. (2011). Draft genome sequence of *Bizionia argentinensis*, isolated from Antarctic surface water. *Journal of bacteriology*, 193(23), 6797-6798.

PID 8103

Denominación del Proyecto

Potencialidades de la enzima L-glutaminasa en la industria de alimentos

Director

Musumeci, Matías Alejandro

Unidad de Ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Ciencias de la Alimentación – UNER

Contacto

matias.musumeci@uner.edu.ar

Integrantes del proyecto

Docentes: Benitez, Lucas Osvaldo; Lagadari, Mariana; Levin, Gustavo Javier.

Investigadores Externos: Ferreira, Vanina; Mac Cormack, Walter Patricio.

Estudiante de Posgrado: Glodowsky, Alejandro Pablo

Becarios: Calabrese, Carla Daniela (Becaria UNER); Herrmann Andrade, Andreina Maria (Becaria CIN)

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

02/10/2018 y 24/08/2021

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 123/22 (27/05/2022)