

Estudio de materias primas no convencionales y procesos alternativos para mejorar características nutricionales y organolépticas en panificados libres de gluten

Silvia Grenovero, Carolina Genevois; Diego Archaina; Verónica Busch

Autoras/es: Facultad de Bromatología. Universidad Nacional de Entre Ríos. (2820) Gualeguaychú, Entre Ríos, Argentina.

Contacto: silvia.grenovero@uner.edu.ar

ARK: <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/v3n29b3w7>

Resumen

En Argentina, el aumento de la prevalencia de personas con patologías asociadas al gluten ha incrementado notablemente el consumo de productos libres de gluten (LG). No obstante, para los consumidores el principal inconveniente es encontrar panificados con características nutricionales y sensoriales adecuadas, y que sean accesibles. El objetivo del Proyecto fue el aprovechamiento de nutrientes de materias primas no convencionales y el estudio de procesos fermentativos alternativos para mejorar las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales de panificados LG; a fin de contribuir a la salud de la población con sensibilidad al gluten. Se evaluaron diferentes harinas alternativas regionales (expeller de soja, salvado de arroz, mijo, endocarpio de *Prosopis*). Estas harinas se caracterizaron por presentar elevado contenido de proteínas (>40%) y fibra dietaria (>20%), y buenas propiedades fisicoquímicas y funcionales. Su agregado en proporciones de 5-30% en la formulación de pan LG mejoró ($p<0,05$) el volumen específico, textura, color y estructura alveolar, obteniendo buena aceptabilidad sensorial (>6 en una escala hedónica de 9 puntos) en consumidores. El enriquecimiento o fortificación con hierro de panes LG y la aplicación de fermentaciones con *L. casei* ATCC-393 no afectó las características físicas; mientras que, la bioaccesibilidad del mineral mejoró en presencia del probiótico (>85%). Se puede concluir que, la inclusión de harinas LG de subproductos agroindustriales y frutos nativos logra mejorar sustancialmente las características nutricionales y organolépticas de los panes LG, contribuyendo además a la circularidad materias primas, y fortalecimiento de las economías regionales.

Palabras clave: Panificados Sin TACC; Fortificación; Expeller de soja; Salvado de arroz; Prosopis

Objetivos propuestos y cumplidos

El presente Proyecto tiene como objetivo general mejorar las características nutricionales y organolépticas de panificados LG a partir de la utilización de materias primas regionales y no convencionales y la aplicación de diferentes procesos tecnológicos para mejorar la bioaccesibilidad de nutrientes; a fin de contribuir a la salud de las personas con desórdenes asociados al gluten, así como agregar valor a subproductos regionales y favorecer el desarrollo del sector productivo local y regional. A continuación se detallan los Objetivos Específicos alcanzados en el marco del PID 9112:

1. Caracterización fisicoquímica y funcionalmente las harinas no convencionales a base de salvado de arroz, expeler de soja, endocarpio de *Prosopis*.
2. Diseño y formulación de panificados LG a base de harinas no convencionales regionales.
3. Caracterización de la calidad de los productos obtenidos a través de las propiedades texturales, color y estructura alveolar de la miga.
4. Determinación del comportamiento reológico de las masas LG con el agregado de harinas no convencionales.
5. Caracterización nutricional de las distintas formulaciones de pan LG.
6. Enriquecimiento y fortificación con hierro de los panes LG a base de harinas no convencionales.
7. Estudio de procesos fermentativos alternativos y su efecto sobre la bioaccesibilidad *in vitro* del hierro en panes LG.
8. Identificación de atributos sensoriales relevantes en los productos obtenidos y estudio de la aceptabilidad en consumidores con sensibilidad al gluten.

Marco teórico y metodológico (síntesis)

En Argentina la enfermedad celíaca (EC) afecta al 1% de la población total, es decir que 1 de cada 100 personas es celíaca, lo que convierte a esta patología en la enfermedad crónica intestinal más frecuente del país (MSAL, 2014). Esta patología es autoinmune y se manifiesta por la incapacidad del intestino delgado de tolerar algunos cereales con una secuencia específica del oligopéptido prolamina, por ejemplo la gliadina, avenina, hordeína y secalina, presentes en el trigo, avena, cebada y centeno, respectivamente (Mollakhalili y col., 2015). La presencia de cualquiera de estos oligopéptidos puede provocar un proceso inflamatorio con daños en el epitelio intestinal que conlleva a un déficit en la absorción de nutrientes provocando enfermedades por carencias de micronutrientes (Vici y col., 2016). Por otro lado, el término “sensibilidad al gluten no celíaca” (SGNC) incluye a personas que no sufren EC ni alergia al trigo, pero presentan síntomas gastrointestinales dependientes de la ingesta de gluten; cuya prevalencia se estima hasta 10 veces superior a la de la EC. Hasta el momento, el único tratamiento seguro y eficaz para quienes padecen EC o SGNC es mantener una dieta libre de gluten (LG) durante toda la vida. Si bien en los últimos años el mercado de alimentos LG ha crecido notablemente, el principal inconveniente para los celíacos es encontrar productos adecuados, ya sea por el precio, variedad, accesibilidad, calidad nutricional y/o características sensoriales (Capriles y col., 2016; Xhakollari y col., 2019).

Actualmente, la elaboración de productos panificados LG plantea dos desafíos fundamentales:

1. **Mejorar el perfil nutricional de los panificados LG.** La mayoría de las harinas aptas para celíacos son refinadas, lo que significa que durante el procesamiento se pierden gran parte de vitaminas, minerales y fibra dietaria. A diferencia de la harina de trigo que está enriquecida con hierro, ácido fólico, tiamina, riboflavina y niacina (Ley 25.630/2002), las harinas y almidones aptos para celíacos no están enriquecidos ni fortificados, siendo esta práctica de carácter no obligatoria para la industria alimenticia. Varios estudios han demostrado que una dieta LG presenta déficits nutricionales en macro y micronutrientes, particularmente en fibra dietaria, hierro y vitamina D, vitamina B12 y ácido fólico (Vici y col., 2016). Muy pocos avances se han realizado en panificados LG fortificados con vitaminas y/o minerales (Kiskini y col. 2007; 2010; 2012). La presencia de hierro en los alimentos produce cambios en el color, aroma, sabor y textura, y es considerado uno de los minerales más difíciles de adicionar (Genevois y col., 2016, 2017). Por otro lado, recientemente también se ha propuesto el uso de pseudocereales leguminosas para mejorar el perfil nutricional de los PLG; sin embargo, sus aplicaciones aun presentan limitaciones tecnológicas que conllevan a bajas puntuaciones en la aceptación sensorial (Capriles y col., 2016). En este aspecto, resultó de interés evaluar la harina de *Prosopis spp.* El *Prosopis* o harina de semillas de Vinal es de la familia de las leguminosas, ha sido recientemente incluido en el C.A.A., y se caracteriza por presentar buen perfil de aminoácidos y de polisacáridos, principalmente galactomananos. Por otro lado, a partir del fruto o vaina de Vinal se pueden obtener otras fracciones de harinas (exocarpio, endocarpio, residuo), que pueden ser utilizadas en la formulación de nuevos PLG.
2. **Sobreponerse a los obstáculos tecnológicos ocasionados por la ausencia de gluten en la masa.** En los panificados con harina de trigo, la red de gluten le confiere a la masa propiedades viscoelásticas únicas y de capacidad de retención de gases, teniendo un rol importante en la textura y apariencia final del producto. Estas propiedades son difíciles de obtener en el pan LG, ya que tecnológicamente son pobres en volumen específico, tienen una miga blanda, menor color en la corteza y mayor tasa de envejecimiento (Mollakhalili y col., 2015). Una de las estrategias más utilizadas para mejorar la calidad general del pan LG y obtener características similares a la red del gluten es agregar agentes espesantes, como por ejemplo almidones, gomas y/o derivados de celulosa (Genevois y col., 2018b). Otra estrategia, es adicionar proteínas para mejorar las propiedades visco-elásticas de la masa ya que reducen la difusión de agua en la estructura y mejoran la retención de gases, logrando panificados con una miga suave y mejor color en la corteza (Genevois y col., 2018a). También se estudió la incorporación en panificados de harinas alternativas provenientes de residuos agroindustriales tales como el salvado de arroz de la molienda seca del arroz, o expeler de soja de la producción industrial de aceite de soja, los cuales presentan elevado contenido proteico (>40%), y/o de fibra dietaria (>30%).

En cuanto al proceso de elaboración de panes LG, recientemente se han publicado algunos trabajos utilizando distintos tipos de fermentación como la tecnología de masa madre a fin de mejorar la calidad tecnológica y nutricional

de los panes LG (Irigoytia et al., 2023). Cabe destacar que, hasta el momento, pocos estudios se han publicado en materia de formulación y diseño de panes LG con características nutricionales optimizadas, y evaluaciones sensoriales con paneles no entrenados y/o entrenados personas con enfermedad celíaca (Capriles y col., 2016; Masure y col., 2016). Tampoco se han encontrado estudios que evalúen el enriquecimiento/fortificación con minerales de harinas LG alternativas con elevado contenido de compuestos antioxidantes y su efecto sobre la bioaccesibilidad del mineral; considerando que, el 28-50% de las personas recién diagnosticadas con EC padecen de anemia por deficiencia de hierro (Vici y col., 2016). Muy pocos avances se han llevado a cabo en materia de estudio de procesos tecnológicos y biotecnológicos para mejorar las características nutricionales y organolépticas del pan LG.

La ejecución del Proyecto PID 9112 abordó estas problemáticas de manera integral, considerando aspectos tecnológicos, nutricionales y sensoriales, a través del aprovechamiento de nutrientes en materias primas no convencionales, y la aplicación de procesos alternativos para mejorar características nutricionales y organolépticas en panes LG.

La metodología para alcanzar los objetivos propuestos se desarrolló con la aplicación de un enfoque cuantitativo y los siguientes diseños metodológicos: a) Diseño y formulación de panificados LG a través de un diseño experimental, prospectivo y longitudinal; b) Evaluaciones sensoriales en consumidores con sensibilidad al gluten a través de un diseño experimental y de corte transversal; c) Estudio de percepción en consumidores con sensibilidad al gluten a través de un diseño no experimental, retrospectivo, y de corte transversal.

Los materiales y métodos utilizados se encuentran detallados en las publicaciones que forman parte de los indicadores de producción del presente Proyecto de Investigación.

Síntesis de resultados y conclusiones

Características fisicoquímicas de los panificados LG con el agregado de salvado de arroz y expeler de soja

En una primera etapa del Proyecto, se llevó a cabo el diseño y formulación de un pan LG optimizando las fracciones de molienda del arroz: harina, sémola y salvado. A partir de un diseño de mezclas, se pudo afirmar que la calidad del pan GF no depende de un solo factor principal y que las tres variables independientes en estudio fueron importantes para definir las características del producto final.

El volumen específico (SV) ajustó significativamente a un modelo lineal, demostrando efecto de los pseudocomponentes en la variable respuesta. Como se muestra en la **Fig.1**, los valores más altos de BSV se observaron con el nivel más alto de salvado, y los niveles más bajos de harina y sémola. Cabe destacar que, el salvado se caracteriza por un alto contenido de fibra dietaria ($31,50 \pm 0,04\%$; b.h), siendo un orden de magnitud mayor en comparación con la harina ($1,8 \pm 0,5\%$; b.h) y la sémola ($2,3 \pm 0,5\%$; b.h) de arroz. La adición de fibra dietética en la elaboración de pan LG podría incrementar significativamente el SV del panificado debido a la fuerte interacción entre algunos

compuestos de la fibra y proteínas de las harinas, y en consecuencia, incrementar la retención de aire en la masa.

La variable firmeza también ajustó significativamente a un modelo lineal. Se puede observar en la **Figura 1** que los valores más bajos de firmeza, que se traducen en una miga más blanda, se observaron con los niveles más altos de salvado, y en concordancia, con los valores más bajos de harina y sém

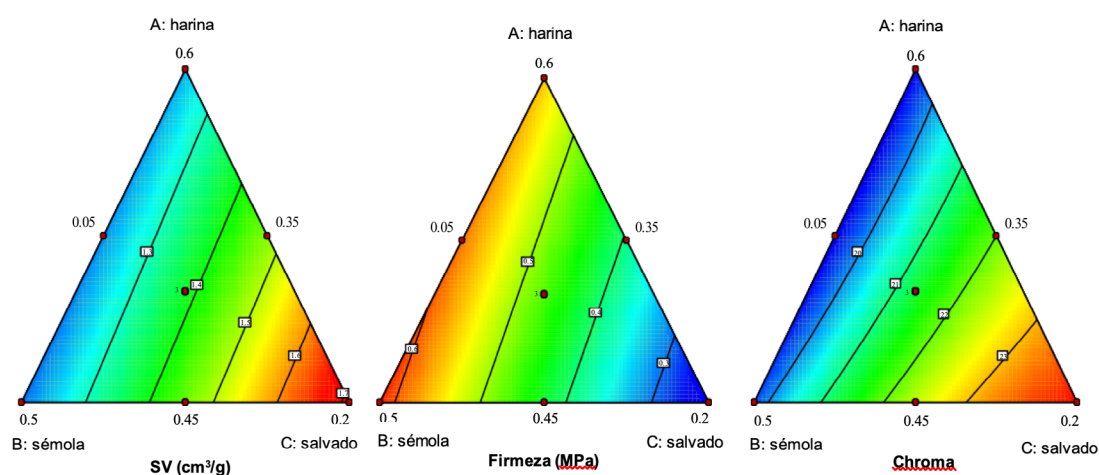


Figura 1: Grafico de superficie de las variables respuestas volumen específico, firmeza y chroma.

La optimización de las fracciones de arroz en la formulación de pan LG se realizó maximizando el SV y la intensidad del color (Chr), y minimizando la firmeza de la miga del pan. La combinación adecuada obtenida estadísticamente fue: harina de arroz 45,0%, sémola de arroz 35,0% y salvado de arroz 20,0%, con una deseabilidad de 0,99. Los valores teóricos obtenidos fueron SV 1.71 cm³/g, Chr 23.8 y firmeza 0.2323 MPa, siendo estos valores similares a uno de los sistemas del diseño experimental (Genevois et al., 2020).

Es importante destacar que la mayoría de los nutrientes, incluida la fibra dietética, las vitaminas, los minerales como el hierro y los compuestos fenólicos, se concentran principalmente en el salvado, que representa el 8% del grano del arroz, pudiendo convertir esta fracción subvalorada en una opción adecuada para mejorar el perfil nutricional de los panificados LG.

Considerando la composición química de las fracciones de arroz, se calculó el aporte de fibra dietética del pan GF optimizado estadísticamente. Dónde, una porción de pan LG (50 g) aportaría ~ 2,3 g de fibra dietética, mejorando cuatro veces la ingesta de fibradietética respecto de un pan LG a base de almidón y harinas de arroz.

En una segunda etapa del Proyecto, se evaluó la inclusión de harina de expeler de soja como fuente de proteínas para mejorar la calidad del pan LG obtenido previamente (Genevois et al., 2020). El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de diferentes niveles de harina de expeler de soja (FS), almidón de mandioca pregelatinizado (PGS) y la hidratación de la masa (WC) sobre las características finales del pan LG. Para ello, se aplicó un diseño experimental de Box-Behnken y la metodología de superficie de respuesta para optimizar la formulación. La calidad final de los panes LG se vieron significativamente afectados por la adición de SF, PGS y WC. Los niveles más bajos de PGS y SF incrementaron el volumen específico del pan y presentaron una miga más suave, elástica, con rápida recuperación a la deformación y menos susceptible a

desintegrarse. El color y la estructura alveolar del pan LG se vieron afectados por la adición de SF y WC. La optimización realizada a través de la función de deseabilidad para mejorar las características físicas y texturales del pan GF se definió con 15% PGS, 6% SF y 160% WC. El agregado de PGS y SF con el nivel de hidratación adecuado son ingredientes prometedores para producir pan LG con buen perfil tecnológico y nutricional, reduciendo significativamente los costos de producción del producto.

En una última etapa del Proyecto de Investigación, en el marco de actividades de colaboración entre la FBRO-UNER y FCEN-UBA bajo un Convenio Específico, se evaluó la aplicación de un nuevo ingrediente funcional (IF) desarrollado (Castellanos- Fuentes et al., 2020; 2022). El nuevo IF a base de harina de expeler como soporte de

L. casei ATCC-393 se utilizó en reemplazo de la harina de expeler optimizada en la formulación obtenida previamente por parte del Grupo de Investigación (Genevois et al., 2021). Para ello, se evaluaron las siguientes formulaciones: 1) pan LG con harina de soja (SF, control); 2) pan LG con harina de soja y sulfato ferroso (SF + Fe); 3) pan LG con IF y sulfato ferroso (FI + Fe); 4) pan LG con IF (FI).

Los resultados correspondientes a las características fisicoquímicas de los diferentes sistemas se resumen en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Características fisicoquímicas de los panes LG fermentados y enriquecidos con hierro.

Sistemas	SF	SF+Fe	FI+Fe	FI
Volumen específico (cm ³ /g)	1,4±0,2 ^a	1,8±0,3 ^b	2,3±0,21 ^c	1,9±0,1 ^b
Acidez total (g ácido láctico /100 g)	0,26±0,02 ^a	0,29±0,01 ^a	0,35±0,02 ^b	0,39±0,01 ^b
pH	5,97±0,02 ^c	5,92±0,02 ^c	5,69±0,01 ^a	5,79±0,02 ^b
Contenido de humedad (% b.h.)	56±1 ^a	53±5 ^a	57±6 ^a	53±1 ^a

El SV es una de las características más importantes de calidad en los panes, y tiene un impacto visual sobre la elección del consumidor. Por lo tanto, es un parámetro clave a considerar al evaluar la calidad del pan (Genevois et al., 2020). Los panes estudiados presentaron SV en un rango desde 1,4 a 2,3 cm³/g; siendo el SV más alto la formulación FI + Fe, seguida de los sistemas FI y SF + Fe; y por último, el sistema SF presentó el SV más bajo. La proteína otorga a la masa capacidad de expandirse durante la etapa de fermentación, contribuyendo a la retención de CO₂ y estabilización de la misma (Ribotta et al., 2004). La harina de expeler de soja se caracteriza por presentar elevado contenido de proteínas (Genevois et al., 2021), lo que podría explicar, en parte, el mayor SV observado en los sistemas que contienen harina de expeler y harina de expeler como soporte de microorganismos probióticos (IF). Además, las condiciones ácidas del medio pueden tener un efecto sobre la red de masa formada por la interacción de almidones y proteínas, influyendo en la retención de CO₂ y por lo tanto, afectando la textura de la miga (de Escalada Pla & Genevois, 2023). Como se observa en la **Tabla 1**, los sistemas que contienen FI, presentaron menor pH y mayor acidez total, ambos parámetros vinculados a las condiciones producidas durante la fermentación ácido láctica. Sin

embargo, el pH está relacionado a la disociación de ácidos y depende de la fuerza de los mismos, mientras que la acidez total mide la cantidad de ácidos totales.

Además, se encontró una reducción significativa ($p < 0,05$) en el pH en los sistemas consulfato ferroso y FI, y una tendencia no significativa ($p > 0,05$) a menores valores de pH en los sistemas con harina de expeler de soja. Estos resultados fueron reportados en otros alimentos fortificados con sales ferrosas (Genevois et al., 2016). Probablemente, la hidrólisis ácida de $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ a Fe^{2+} contribuyen a reducir el pH de los alimentos enriquecidos o fortificados. Cabe destacar que, FI + Fe, resultó ser el sistema con el pH más bajo, y en paralelo con el SV más alto ($p < 0,05$), entre 21% y 64% más alto respecto de los otros sistemas. En panes LG fermentados con masas madres, se ha observado que a mayor porcentaje de agregado de masa madre mayor es el SV y porosidad de lamiga del pan. Este fenómeno puede explicarse por la actividad metabólica de las BAL que producen reducen el pH de la masa, sintetizan exopolisacáridos, la presencia de enzimas como α -amilasa, que mejoran la retención de CO_2 durante la etapa de fermentación (Irigoytia et al., 2023). Los valores SV observados en este apartado estuvieron en el orden de los valores reportados previamente por el Grupo de Investigación (Genevois et al., 2020; Genevois & de Escalada Pla, 2021), donde se informaron valores de SV en pan LG con el agregado de salvado de arroz entre 1,2–1,7 cm^3/g , y en pan LG con expeler de soja de 1,3– 2,8 cm^3/g .

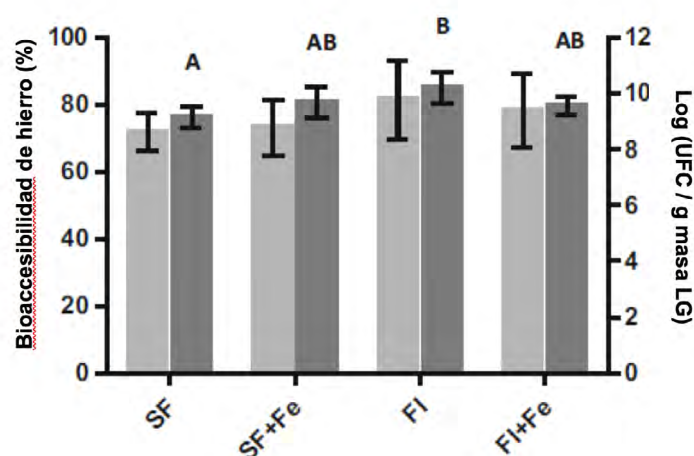
El perfil de textura y contenido de humedad de los panes no se vio afectada ($p > 0,05$) por la presencia de microorganismos probióticos y el agregado de sulfato ferroso (Castellanos Fuentes et al., 2023).

Viabilidad de Bacterias Ácido Lácticas y Bioaccesibilidad de Hierro en Panes LG

Luego del proceso fermentativo, el recuento de bacterias ácido lácticas (BAL) en la masa no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los sistemas estudiados, mostrando valores de $8,6 \pm 0,7$ log (UFC/g de masa) para SF, $8,8 \pm 1,0$ log (UFC g/de masa) para SF+ Fe, $9,8 \pm 1,4$ log (UFC g/de masa) para FI + Fe, y $9,4 \pm 1,3$ log (UFC g/de masa) para FI (**Fig. 2**). Los valores registrados en los sistemas SF y SF + Fe se corresponden con las BAL presentes naturalmente en las materias primas. Una tendencia no significativa a mayor recuento de *L. casei* ATCC-393, pudo observarse en el panificado con el agregado de harina de expeler de soja conteniendo el probiótico, representado por los sistemas FI + Fe y FI. Esto a su vez, permite explicar el menor pH y la mayor acidez registrados en las formulaciones de pan LG (Tabla 1). La acidificación, proteólisis y activación de una serie de enzimas, así como la síntesis de metabolitos microbianos, podrían causar cambios durante la fermentación con BAL, que afectarían a la masa y al producto horneado, influyendo en el perfil nutricional y la calidad funcional (Irigoytia et al., 2023). Como se observa en la **Fig. 2**, el sistema FI + Fe presentó mayor ($p < 0,05$) bioaccesibilidad del hierro, $85 \pm 5\%$, respecto del sistema de control SF, $76 \pm 3\%$. El concepto de bioaccesibilidad se refiere a la liberación de un compuesto de la matriz alimentaria cuando atraviesa las condiciones de digestión gastrointestinal, y se encuentra disponible para ser absorbido a través del epitelio intestinal (de Escalada Pla et al., 2020). El metabolismo del probiótico presente en la formulación FI + Fe, sobre los componentes de masa LG, podrían mejorar la solubilidad del mineral durante el proceso de fermentación (Genevois et al., 2017). Cabe destacar que, el sistema FI + Fe presentó 30 ± 3 mg/kg al final de la digestión gastrointestinal, representando un aporte del 17%

de la ingesta diaria recomendada de hierro (18 mg/día) para mujeres de 19 a 50 años, considerando dos porciones de pan LG (100 g) (Instituto de Medicina, 2006). Por otro lado, la harina de expeler de soja y la harina como soporte de microorganismos probióticos (FI) son fuente de proteínas de alto valor biológico y fibra dietética, es por ello que, su incorporación en la formulación de pan LG contribuiría al 18% y 27% del valor diario de la ingesta de proteínas (46 g/día) y fibra dietética (25 g/día). Estos resultados, aumentarían entre un 18% y 30%, respectivamente, la ingesta de estos nutrientes en comparación con el pan LG a base de almidón y harina de arroz (Genevois & de Escalada Pla, 2021).

Figura 2: Viabilidad de Bacterias Ácido Lácticas en masas LG fermentadas (barras grises claras) y bioaccesibilidad del hierro en panes horneados (barras grises oscuras).



SF: pan LG con harina de expeler de soja (control); SF+Fe: pan LG con expeler de soja y hierro; FI: pan LG con ingrediente funcional (IF) soporte de *L. casei* ATCC-393; FI+Fe: pan LG con IF) soporte de *L. casei* ATCC-393 y hierro.

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la bioaccesibilidad de los sistemas.

Se puede concluir que en el marco del Proyecto PID 9112, se logró diseñar y optimizar mediante diseños experimentales adecuados nuevas fórmulas de pan LG con el agregado de salvado de arroz y expeler de soja, mediante la optimización de parámetros que afectan significativamente la calidad tecnológica y nutricional de los mismos. Por último, se estudió la aplicación de un nuevo ingrediente funcional desarrollado en conjunto con Investigadores de ITAPROQ-CONICET-UBA como reemplazo del expeler de soja de las formulaciones obtenidas en ICTAER-CONICET-UNER. La adición de microorganismos probióticos en la etapa de fermentación de los panes redujo el pH y aumentó la acidez total de las masas. Los panes fermentados con probióticos y enriquecidos con sulfato ferroso presentaron mayor SV y bioaccesibilidad del hierro respecto del sistema control. Mientras que, la textura y el contenido de humedad de los panes no se vio afectada. Dos porciones de pan LG fermentado con el nuevo IF y enriquecidos con hierro (100 g en total) contribuirían a la ingesta diaria recomendada de hierro, proteínas y la ingesta de fibra dietética en el 17%, 18% y 27%, respectivamente. Estos resultados muestran el potencial de incorporar estos ingredientes con el fin de mejorar la funcio-

nalidad y calidad nutricional de los productos horneados LG. Estos resultados son importantes no sólo para la formulación de LG sino también para agregar valor y circularidad a los subproductos de agroindustriales regionales como la soja y el salvado de arroz.

Indicadores de producción

Publicaciones de Artículos Científicos en Revistas Indexadas Internacionales

- 1) Genevois C.E., Grenóvero M.S., de Escalada Pla M.F. (2020). Use of different proportions of rice dry milling as strategy for improving quality parameters and nutritional profile of gluten-free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 58(10), 3913-3923. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04852-1>
- 2) Genevois C.E., de Escalada Pla M.F. (2021). Soybean by-products and modified cassava starch for improving alveolar structure and quality characteristics of gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, 247, 1477-1488. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03725-x>
- 3) Castellano-Fuentes A.P., Genevois C.E., Flores S.K., de Escalada Pla M.F. (2023) Novel application of a food ingredient based on soybean extruded-expressed meal containing probiotics for improving gluten free bread quality. *International Journal of Food Science & Technology* (58), 12, 6855-6861. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16727>
- 4) Ojeda L., Genevois C.E., Busch V. (2023) Novel flours from leguminosae (*Neltuma ruscifolia*) pods for technological improve and nutritional enrichment of wheat bread. *Helyon*, (7)9: e17774. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17774>
- 5) Designing Gluten Free Bakery and Pasta Products. de Escalada Pla M. & Genevois C. (Eds). Springer. ISBN 978-3-03-128343-7.

Trabajos Científicos Publicados en Actas de Congresos Nacionales e Internacionales

- 1) **II Encuentro de Estudiantes de Bromatología.** Mendoza, 27 y 29 octubre de 2021. ISBN 978-987-575-220-7. "Aprovechamiento de nutrientes de materias primas no convencionales y estudio de procesos alternativos para mejorar las características nutricionales y organolépticas de panificados libres de gluten" Carmona C.J., Irigoytia K.F., Rivero R., Genevois C.E., de Escalada Pla M.
- 2) **3er Congreso Iberoamericano de Ingeniería de los Alimentos (CIIAL).** Montevideo, Uruguay, del 18 al 20 de noviembre de 2020. ISBN 978-9974-8562-1-9. "Harina de endocarpio de Vinal para la elaboración de pan libre de gluten" Genevois C., Miller L., Busch V., de Escalada Pla M., Buera P.
- 3) **I Encuentro Virtual de Jóvenes Investigadores,** Montevideo, Uruguay, 27-29 de octubre de 2020. "Estudio de materias primas no convencionales y procesos alternativos para mejorar características nutricionales y organolépticas en panificados libres de gluten" Irigoytia K., Carmona C.
- 4) **ISEKI Food Association e-Conference "Food Quality and in Sustainable Production and Healthy Consumption".** Austria, 18 y 19 noviembre de 2020. *Prosopis ruscifolia* as a new bread ingredient: rheology and texture analysis. Busch V., Genevois C., Ojeda, L., Buera, P.
- 5) **2do Taller de Biotecnología aplicada a la Tecnología de Alimentos,** FRBA-UTN, CABA, 27 y 28 de octubre de 2022. ISBN 978-987-1978-59-5. Panificados libres de gluten: caracterización de materias primas no convencionales. Irigoytia K.F., de Escalada Pla M., Genevois C.E.

- 6) **Segundas Jornadas Iberoamericanas sobre herramientas claves para implementar economías circulares en procesos agroindustriales**, FCEN-UBA,CABA, 18 al 20 de octubre de 2022. Calidad tecnológica de panificados libres de gluten formulados con materias primas alternativas. Irigoytia K.F., de Escalada PlaM., Genevois C.E.
- 7) **VIII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos**. Córdoba, 4, 5 y 6 de octubre de 2022.
 - Percepción de consumidores sobre el rol de la fibra en la salud y su asociación con el consumo de panificados integrales sin TACC. Esposito N., Grenóvero S., Busch V., de Escalada Pla M., Genevois C.E.
 - Panificados libres de gluten: caracterización de materias primas no convencionales. Irigoytia K., de Escalada Pla M., Genevois C.
- 8) **V Jornadas de Investigadores e Investigadoras en Formación en Ciencia y Tecnología**, Universidad Nacional de Quilmes, Quilmes, Argentina, 8 y 29 de septiembre de 2023. Panes libres de gluten: utilización de harinas alternativas comerciales y subproductos agroindustriales. Irigoytia K., Genevois C., Parodi B., de Escalada Pla M.
- 9) **4th International Electronic Conference on Foods**, del 15 al 30 de octubre de 2023. Effect of alternative raw materials and industry by-products on the quality of gluten-free doughs.
- 10) **XVIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CyTAL)**, CABA, Argentina del 4 al 6 de octubre de 2023. Determinación de las fracciones del almidón, hidrólisis de almidón e índice glucémico estimado in vitro de un pan libre de gluten. Irigoytia K., Molina D., Genevois C., de Escalada Pla M.
- 11) **4th International Electronic Conference on Foods**, del 15 al 30 de octubre de 2023. Sensory profile of gluten-free breads based on alternative commercial flours. Irigoytia K.F., Parodi M.B., Espósito N., de Escalada Pla M., Genevois C.

BIBLIOGRAFÍA

- Genevois C.E., Bordin J.A., Levin G., de Escalada Pla M.F. (2018b). Estudio de la incorporación de hidroxipropil metilcelulosa, monoestearato de glicerilo y transglutaminasa, y su efecto sobre la calidad de pan libre de gluten. VII Congreso Internacional Ciencia y Tecnología de los Alimentos. ISBN 978-987-45380-9-3.
- Genevois C.E., Bordin J.A., Levin G.J., Castellanos Fuentes A.P., de Escalada Pla M.F. (2018a). Efecto de la incorporación de harina de soja y almidón pre-gelatinizado de mandioca sobre la calidad de pan libre de gluten a base de harinas de arroz. V Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas.
- Xhakollari V., Canavari M., Osman M. (2019). Factors affecting consumers' adherence to gluten-free diet, a systematic review. *Trends in Food Science & Technology*, 85, 23-33.
- Capriles, V.D., Dos Santos, F.G., & Arêas, J.A.G. (2016). Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*, 67, 83-91.
- Castellano-Fuentes A.P., Genevois C.E., Flores S.K., de Escalada Pla M.F. (2023). Novel application of a food ingredient based on soybean extruded-expelled meal containing probiotics for improving gluten free bread quality. *Int Journal Food Sci & Tech*, 58(12): 6855-6861. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16727>
- Castellanos-Fuentes, A., Cortes, N., Genevois, C., Flores, S. & de Escalada Pla, M. (2022). Soybean extruded by-products as substrate for obtaining food ingredients containing probiotics. *International Journal of Food Science and Technology*, 57, 4825-4831.

- Castellanos-Fuentes, A., Genevois, C., Flores, S. & de Escalada Pla, M. (2020). Valorisation of soy by-products as substrate for food ingredients containing *L. casei* through solid state fermentation. *LWT - Food Science and Technology*, 132, 109779.
- de Escalada Pla, M., Flores, S. & Genevois, C. (2020). Innovative strategies and nutritional perspectives for fortifying pumpkin tissue and other vegetable matrices with iron. *Food Science and Human Wellness*, 9, 103-111.
- Genevois C., de Escalada Pla M., & Flores S. (2016). Application of edible coatingsto improve global quality of fortified pumpkin. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33: 506–514.
- Genevois C., de Escalada Pla M., & Flores S. (2017). Novel strategies for fortifyingnon-dairy matrices with iron and *Lactobacillus casei* simultaneously. *LWT - Food Science and Technology*, 79:34-41.
- Genevois, C. & de Escalada Pla, M. (2021). Soybean by-products and modified cassava starch for improving alveolar structure and quality characteristics of gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, 247, 1477-1488.
- Genevois, C., Flores, S. & de Escalada Pla, M. (2016). Byproduct from pumpkin(*Cucurbita moschata* Duchesne ex poiret) as a substrate and vegetable matrix to contain *Lactobacillus casei*. *Journal of Functional Foods*, 23, 210-219
- Genevois, C., Grenóvero, M. & de Escalada Pla, M. (2020). Use of different proportions of rice milling fractions as strategy for improving quality parameters andnutritional profile of gluten-free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 58,3913-3923.
- Institute of Medicine (2006). Dietary Reference Intakes: The Essential Guide toNutrient Requirements. Washington, DC: The National Academies Press.
- Irigoytia, K., Espósito, N., Busch, V., de Escalada Pla, M. & Genevois,C. (2023). Fermented gluten-free baked goods. In: *Designing Gluten Free Bakery and Pasta Products* (edited by M. de Escalada Pla & C. Genevois). Pp. 163-210. Switzerland AG: Springer Nature.
- Kiskini, A., Argiri, K., Kalogeropoulos, M., Komaitis, M., Kostaropoulos, A., Mandala, I., & Kapsokefalou, M. (2007). Sensory characteristics and iron dialyzability of gluten- free bread fortified with iron. *Food Chemistry*, 102(1), 309-316.
- Kiskini, A., Kapsokefalou, M., Yanniotis, S., & Mandala, I. (2010). Effect of differentiron compounds on wheat and gluten-free breads. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(7), 1136-1145.
- Kiskini, A., Kapsokefalou, M., Yanniotis, S., & Mandala, I. (2012). Effect of Iron Fortification on Physical and Sensory Quality of Gluten-Free Bread. *Food and Bioprocess Technology*, 5(1), 385-390.
- Masure, H. G., Fierens, E., & Delcour, J. A. (2016). Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. *Journal of CerealScience*, 67, 92-111.
- Mollakhalili Meybodi, N., Mohammadifar, M. A., & Feizollahi, E. (2015). Gluten-FreeBread Quality: A Review of the Improving Factors. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 2, 81-85.
- MSAL. (2014). Protocolo para la detección precoz de la EC. Diponible en: www.msal.gob.ar/celiacos/pdf/protocolo-para-deteccion-precoz.pdf
- Ribotta, P., Ausar, S., Morcillo, M., Pérez, G., Beltramo, D. & León, A. (2004). Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food andAgriculture*, 84, 1969–1974.

- Sabanis D, Lebesi D, Tzia C (2009) Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT Food Sci Technol* 42:1380–1389.
- Vici, G., Belli, L., Biondi, M., & Polzonetti, V. (2016). Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*, 35(6):1236-1241.

PID 9112

Denominación del Proyecto

“Estudio de materias primas no convencionales y procesos alternativos para mejorar características nutricionales y organolépticas en panificados libres de gluten”

Directora

GRENÓVERO, Silvia

Codirectora

GENEVOIS, Carolina E.

Unidad de Ejecución

Universidad Nacional de Entre Ríos

Dependencia

Facultad de Bromatología

Contacto

silvia.grenovero@uner.edu.ar

Cátedra/s, área o disciplina científica

Cátedra de Bioestadística (Lic. en Nutrición), Disciplina: Ingenierías y Tecnologías, Otras Ingenierías y Tecnologías Alimentos y Bebidas

Instituciones intervinientes públicas o privadas:

se llevaron a cabo actividades de investigación en colaboración con el Instituto de Tecnología de Alimentos y Procesos Químicos (ITAPROQ-CONICET-FCEN UBA). Estas colaboraciones académicas entre Investigadores de la FCEN UBA y FBRO UNER para favorecer la implementación de acciones conjuntas en el marco del presente

Proyecto de Investigación, se formalizaron a través de la suscripción de un Convenio Específico entre dichas Instituciones (Resolución CD No 0989/20) con vigencia hasta el año 2025.

Integrantes del proyecto

Docentes UNER: Archaina, Diego Alberto. Investigador externo: Busch, Verónica María. Integrante estudiante de grado: Irigoytia, Belén Estefanía

Fechas de iniciación y de finalización efectivas

02/03/2020 y 22/01/2024

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 138/24 (24/05/2024)