



Divulgación

Fermentación espontánea en masa madre: una alianza ancestral entre microorganismos y panaderos

Spontaneous Fermentation in Sourdough: An Ancient Alliance Between Microorganisms and Bakers

 Robert León-Suárez

Universidad Estatal de Milagro. Milagro, Guayas, Ecuador.

*Correspondencia: rleons3@unemi.edu.ec

Recibido: 6 de mayo 2025. Aceptado: 7 de julio 2025

Publicado en línea: 14 de julio 2025.

Volumen 4 número 2

Resumen

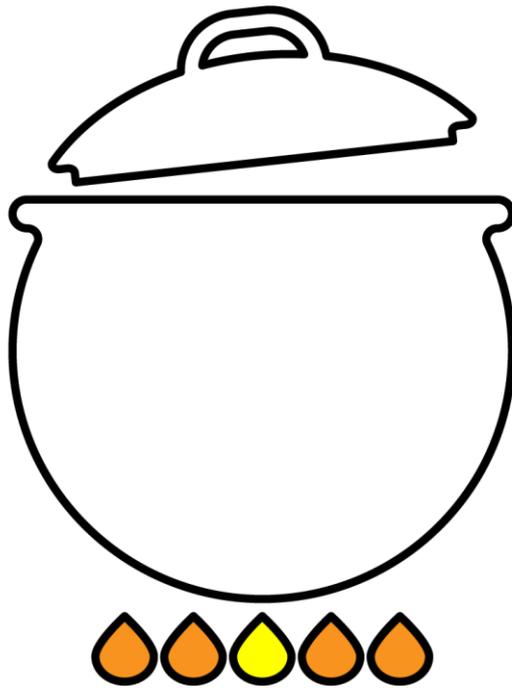
La masa madre es una biotecnología fermentativa ancestral basada en la simbiosis entre bacterias ácido-lácticas y levaduras nativas, capaces de transformar harina y agua en un pan con propiedades sensoriales y nutricionales. A diferencia de los cultivos industriales, esta fermentación espontánea crea un ecosistema microbiano único que varía según el entorno, el tipo de harina, la hidratación y la temperatura. Durante el proceso se generan ácidos, alcoholes y ésteres que aportan aroma y sabor, se degrada ácido fítico mejorando la absorción mineral, y se reducen los carbohidratos fermentables (FODMAPs), favoreciendo la digestibilidad. Además, ciertas cepas como *Lpb. plantarum* G8 producen compuestos antifúngicos que extienden la vida útil del pan sin conservantes, esta revisión conecta ciencia y tradición, posicionando la masa madre como una herramienta actual para una panificación más saludable y sostenible.

Palabras clave: masa madre, fermentación espontánea, bacterias lácticas, FODMAPs, fitatos.

Abstract

Sourdough is an ancient fermentation biotechnology based on the symbiosis between lactic acid bacteria and native yeasts, capable of transforming flour and water into bread with enhanced sensory and nutritional properties. Unlike industrial starters, this spontaneous fermentation creates a unique microbial ecosystem that varies depending on the environment, flour type, hydration, and temperature. During the process, acids, alcohols, and esters are generated, contributing to aroma and flavor, while phytic acid is degraded, improving mineral absorption. Fermentable carbohydrates (FODMAPs) are also reduced, enhancing digestibility. Additionally, certain strains such as *Lpb. plantarum* G8 produce antifungal compounds that extend the bread's shelf life without preservatives. This review bridges science and tradition, positioning sourdough as a modern tool for healthier and more sustainable baking.

Keywords: sourdough, spontaneous fermentation, lactic acid bacteria, FODMAPs, phytates.



4(2)
01
2025

Introducción

El pan de masa madre es una de las expresiones más antiguas y complejas del vínculo entre cultura y microbiología, mucho antes de que existiera la microbiología como ciencia, los panaderos ya sabían que, si se mezclaban harina con agua y se dejaba reposar, algo casi mágico sucedía, la mezcla burbujeaba, adquiría acidez y era capaz de hacer crecer el pan, lo que por siglos fue una práctica empírica, hoy podemos entenderla como el resultado de una fermentación espontánea teniendo una simbiosis entre levaduras y bacterias ácido lácticas que se desarrolla de forma natural en las condiciones adecuadas Como destacan Moroni, Dal Bello, y Arendt (2009), este proceso es “una de las biotecnologías alimentarias más antiguas, con al menos 6000 años de historia”.

En las últimas décadas, el interés por el pan de masa madre ha resurgido, no solo por su sabor característico y su digestibilidad, sino también por los beneficios nutricionales y de conservación asociados al proceso fermentativo, estos beneficios derivan de las

complejas interacciones metabólicas entre bacterias lácticas y levaduras, que mejoran el perfil sensorial, prolongan la vida útil del pan e incrementan la biodisponibilidad de nutrientes al degradar compuestos como los fitatos Di Cagno et al. (2008), así mismo, se ha demostrado que la fermentación con bacterias lácticas puede reducir significativamente los FODMAPs, lo que favorece la tolerancia digestiva, especialmente en personas con sensibilidad intestinal Ramos et al. (2021) por lo que este artículo tiene como objetivo explorar, desde una perspectiva científica, los fundamentos bioquímicos y microbiológicos de la fermentación espontánea en masa madre, rescatando a la vez su profundo valor cultural.

Fermentación espontánea.

La fermentación espontánea es el corazón del pan de masa madre, a diferencia de los procesos controlados mediante levaduras comerciales, aquí no se agregan cultivos puros ni aditivos industriales, si no que se emplean los microorganismos que ya habitan natural-



mente en la harina, en el agua, en los utensilios, e incluso en el aire del entorno, este proceso se basa en dejar que la microbiota nativa se desarrolle de forma autónoma bajo condiciones propicias; durante los primeros días de fermentación, la comunidad microbiana cambia rápidamente, hasta estabilizarse en un ecosistema funcional donde bacterias del entorno son reemplazadas por especies acidófilas más adaptadas al medio, que permanecen relativamente constante si se mantiene una rutina regular de alimentación y condiciones ambientales (De Vuyst and Neysens, 2005; Minervini, Dinardo, Celano, De Angelis, y Gobbetti, 2018).

Este ecosistema está formado principalmente por dos grupos microbianos que actúan en simbiosis, las levaduras y bacterias ácido-lácticas, las levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida milleri* y *Kazachstania exigua*, son responsables de la producción de dióxido de carbono que hace crecer la masa Minervini et al. (2018), mientras que las bacterias lácticas entre las que destacan *Lactobacillus sanfranciscensis*, *L. plantarum* y *L. brevis* transforman los azúcares en ácido láctico y acético, reduciendo el pH, aportando sabor y mejorando la conservación del pan (Akamine, Mansoldo, and Vermelho, 2023; Ramos et al., 2021)

Este proceso no solo es funcional, sino también dinámico las condiciones del entorno como el tipo de harina, la proporción de agua, la temperatura ambiente y la frecuencia de alimentación moldean la composición del ecosistema, favoreciendo distintas especies según Akamine et al. (2023), de hecho, cada masa madre puede desarrollar una comunidad microbiana única, lo que explica por qué panes elaborados con recetas similares pueden tener sabores, aromas y texturas diferentes.

La masa madre es un ecosistema microbiano autóctono que puede mantenerse indefinidamente mediante prácticas simples de alimentación, expresando una estrecha interacción entre el ambiente, el alimento y las técnicas artesanales aplicadas por el panadero, por lo que en este contexto, la fermentación espontánea no solo constituye un proceso biológico, sino también una práctica cultural fundamentada en la observación atenta, el panadero no controla el proceso de manera estricta, sino que lo acompaña, interpretando señales como el aroma, la acidez y la velocidad de fermentación para ajustar las condiciones de mantenimiento, así tradición y conocimiento empírico que se entrelazan con la ciencia en la elaboración de uno de los alimentos más antiguos y universales de la humanidad (Calvert et al., 2021).

Los protagonistas invisibles

Detrás del aroma, la textura y la acidez del pan de masa madre, se encuentra una comunidad microbiana activa, compleja y sorprendentemente especializada, aunque invisible al ojo humano, esta comunidad está compuesta principalmente por bacterias ácido-lácticas y levaduras que actúan en simbiosis, no es una colección aleatoria de microbios, se trata de una asociación estable y adaptada al entorno hostil de la masa, misma que es un medio ácido, húmedo y con nutrientes limitados (Akamine et al., 2023; Calvert et al., 2021).

Entre las bacterias ácido-lácticas tenemos, al *Lactobacillus sanfranciscensis* es una de las especies más representativas y estudiadas en masas madre tradicionales, esta bacteria, obligadamente heterofermentativa, según Gobbetti et al. (2016) ha evolucionado para sobrevivir y prosperar en ambientes de pH bajo, alta competencia y condiciones ambientales variables como lo son la temperatura y humedad, además tiene



la capacidad de utilizar maltosa como principal fuente de energía; puede emplear fructosa u oxígeno como aceptores de electrones en ambientes sin fermentadores alternativos, generando así ácido láctico, ácido acético y compuestos volátiles que contribuyen al perfil sensorial del pan.

Acorde a Calvert et al. (2021); De Vuyst y Neysens (2005) mencionan que junto a *L. sanfranciscensis*, otras especies frecuentes en estos ecosistemas son *Lactobacillus plantarum*, *L. brevis*, *L. fermentum* y *L. pontis*, cada una con capacidades metabólicas ligeramente distintas, lo que les permite adaptarse a diferentes harinas, temperaturas y ritmos de refresco; estas bacterias no solo acidifican la masa, a través de la producción de ácido láctico y acético lo que genera la inhibición de microorganismos indeseados, sino que también participan en la liberación de nutrientes como minerales mediante la degradación de los fitatos, promoviendo la biodisponibilidad del mismos Akamine et al., (2023); De Vuyst and Neysens (2005), estas condiciones también contribuyen a la producción de compuestos bioactivos con posibles efectos beneficiosos para la salud, como bacteriocinas o exopolisacáridos que podrían mejorar la conservación del pan y ofrecer beneficios funcionales para la salud (Calvert et al., 2021).

En cuanto a las levaduras, nos mencionan Kurtzman, (2011); Calvert et al. (2021) las más comunes son *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida milleri* también conocida como *C. humilis* y *Kazachstania exigua*, estas especies contribuyen a la fermentación alcohólica, produciendo dióxido de carbono que hace crecer la masa (leudado), y a la formación de aromas mediante alcoholes, ésteres y otros compuestos volátiles, por lo que la tolerancia de estas levaduras al ambiente ácido, junto con su capacidad para sobrevivir con menos

glucosa que las cepas industriales, las hace especialmente aptas para estos ecosistemas. Kurtzman, (2011) destaca que estas especies tienen una distribución amplia y adaptaciones evolutivas específicas que explican su presencia constante en masas madre alrededor del mundo.

Uno de los factores más determinantes en esta comunidad es la sal (NaCl), aunque en el horneado final puede añadirse sal sin afectar demasiado a los microorganismos, durante los refrescos de la masa madre tradicional se suele evitar su uso, ya que con altas concentraciones de sal se genera presión osmótica que puede inhibir el crecimiento de muchas bacterias ácido lácticas, especialmente en las etapas iniciales de fermentación Hammes et al. (2005), por lo que, el equilibrio hídrico se consideran variables críticas en la estabilidad del ecosistema de la masa; ahora bien, la situación cambia cuando la masa madre se mezcla con harina y agua para formar la masa final del pan, en esta etapa, sí se añade sal, generalmente en proporciones del 1.5 al 2.5 % respecto a la harina, lo que introduce un estrés osmótico a los microorganismos, sin embargo, muchas cepas de bacterias ácido-lácticas, especialmente *L. sanfranciscensis* y *L. plantarum*, muestran tolerancia moderada a estas concentraciones de NaCl, siempre que el ambiente no sea demasiado ácido o seco (De Vuyst y Neysens, 2005; M. Gobbetti, De Angelis, Corsetti, y Di Cagno, 2005).

Esta capacidad de algunas bacterias lácticas y levaduras de resistir la adición de sal en la fase final del amasado les permite mantener cierta actividad metabólica antes de ser inactivadas por el calor del horneado, contribuyendo aún a la formación de ácidos y compuestos aromáticos que estabilizan la masa De Vuyst y Neysens (2005); este delicado sistema de colaboración y competencia da lugar a un entorno dinámico,



pero también notablemente resistente por que los consorcios de bacterias y levaduras en la masa madre han desarrollado mecanismos de adaptación a condiciones de acidez, estrés osmótico, limitación de nutrientes y variabilidad térmica, lo que les permite sostener comunidades estables durante décadas con cuidados mínimos (Ramos et al., 2021).

Factores que moldean la fermentación.

La fermentación espontánea de la masa madre es un proceso vivo, y como todo ecosistema microbiano, está influenciado por múltiples factores físicos, químicos y ambientales a diferencia de un cultivo industrial estandarizado, donde las condiciones se mantienen constantes, en la masa madre el entorno varía y cada panadero incluso sin proponérselo, termina modelando su propio ecosistema de microorganismos (Calvert et al., 2021).

Uno de los factores más determinantes es la harina utilizada, ya que las harinas integrales, al conservar el salvado y el germen del grano, aportan más minerales, enzimas y microbiota nativa, lo que favorece una fermentación más rápida y ácida, por el contrario, las harinas blancas refinadas contienen menos nutrientes y microorganismos, por lo que suelen generar masas madre más lentas o menos estables Hammes et al. (2005); también el tipo de cereal es importante el centeno, por ejemplo, contiene más azúcares disponibles y enzimas amilolíticas activas, lo que favorece a las bacterias lácticas (M. Gobetti et al., 2005).

La hidratación es decir, la proporción de agua respecto a la harina influye directamente en la disponibilidad de nutrientes, la actividad enzimática y en el crecimiento microbiano, las masas con hidratación alta ($\geq 100\%$) permiten una difusión más eficiente de los

metabolitos y un desarrollo microbiano más rápido, en cambio, masas firmes ralentizan el metabolismo, favoreciendo la producción de ácido acético sobre el láctico, lo que se traduce en un pan más ácido y aromático (De Vuyst and Neysens, 2005).

Otro factor clave es la temperatura, ya que determina qué especies microbianas predominan; bacterias como *L. sanfranciscensis* se desarrollan mejor entre 25–30 °C, mientras que algunas levaduras prefieren temperaturas más bajas, las fermentaciones a temperaturas más altas suelen acelerar la acidificación, aunque también conllevan el riesgo de provocar desequilibrios si no se controlan adecuadamente (Akamine et al., 2023).

El tiempo de fermentación y la frecuencia de alimentación lo que suele llamarse “refrescos” también son decisivos, ya que un refresco diario a temperatura ambiente mantiene activa y ácida la masa, mientras que los intervalos largos o condiciones de refrigeración causan una selección por especies más resistentes al estrés Ramos et al. (2021), estas prácticas determinan si la comunidad microbiana se mantiene diversa o se empobrece con el tiempo.

El entorno mismo del panadero influye en la masa madre, estudios han demostrado que en el aire, las superficies y utensilios del lugar donde se cultiva la masa pueden introducir microorganismos únicos, haciendo que incluso recetas idénticas produzcan resultados distintos en distintos lugares Calvert et al. (2021); Landis et al. (2021), así, cada masa madre se convierte en una especie de firma microbiana, una identidad viva que evoluciona con su ambiente.

Según McKenney et al., (2023) la fermentación espontánea sigue patrones sucesionales similares bajo condiciones controladas, la comunidad microbiana



específica varía según el tipo de harina utilizada, afectando el perfil aromático y la estabilidad de la masa; a su vez, investigaciones recientes con modelos in vitro han revelado que ciertas cepas de *L. plantarum* pueden reducir significativamente los FODMAPs (*siglas en inglés de "oligosacáridos, disacáridos, monosacáridos y polioles fermentables"*), en el pan de masa madre, beneficiando a personas con síndrome del intestino irritable (Koc, Arendt, Coffey, Ross, and Stanton, 2024).

Por otro lado, se ha observado que cepas específicas como *Lpb. plantarum* G8 no solo mejoran la textura y perfil sensorial, sino que también actúan como agentes antifúngicos naturales, extendiendo la vida útil del pan hasta en ocho días sin el uso de conservantes químicos Mou et al. (2025), también en fermentaciones más largas, como en la producción de pan de centeno, se ha reportado una notable reducción de compuestos anti nutrientes como fitatos y fructanos, lo que mejora la biodisponibilidad mineral y la digestibilidad del producto final (Murniece et al., 2025).

El pan que resulta sabor, nutrición y conservación.

El resultado de la fermentación espontánea en la masa madre no es solo una masa inflada y ácida, sino un alimento complejo, funcional y profundamente vinculado a su proceso de elaboración, por lo que, el pan elaborado con masa madre presenta características sensoriales y nutricionales que lo distinguen del pan producido con levaduras industriales.

Desde el punto de vista sensorial, la interacción entre levaduras y bacterias ácido-lácticas da lugar a una amplia gama de compuestos aromáticos, como ácidos orgánicos, alcoholes y aldehídos, estos se liberan durante la fermentación y el horneado, generando un

perfil de sabor profundo, ligeramente ácido, con notas tostadas, lácteas o afrutadas, según el tipo de harina, tiempo de fermentación y condiciones ambientales M. Gobbetti et al. (2005), además, la producción natural de dióxido de carbono durante la fermentación contribuye a una miga alveolada, con textura húmeda y elástica (Calvert et al., 2021).

En términos nutricionales, el pan de masa madre supera al pan común en varios aspectos, durante la fermentación, las bacterias liberan enzimas que degradan compuestos 'antinutrientes' como el ácido fítico, lo que mejora la biodisponibilidad de minerales como el hierro, el zinc y el magnesio Marco Gobbetti et al. (2019), así mismo ciertas cepas también pueden generar péptidos bioactivos con potencial antioxidante o antihipertensivo, dependiendo de las condiciones del proceso fermentativo que agregan valor funcional al alimento (Marco Gobbetti et al., 2019).

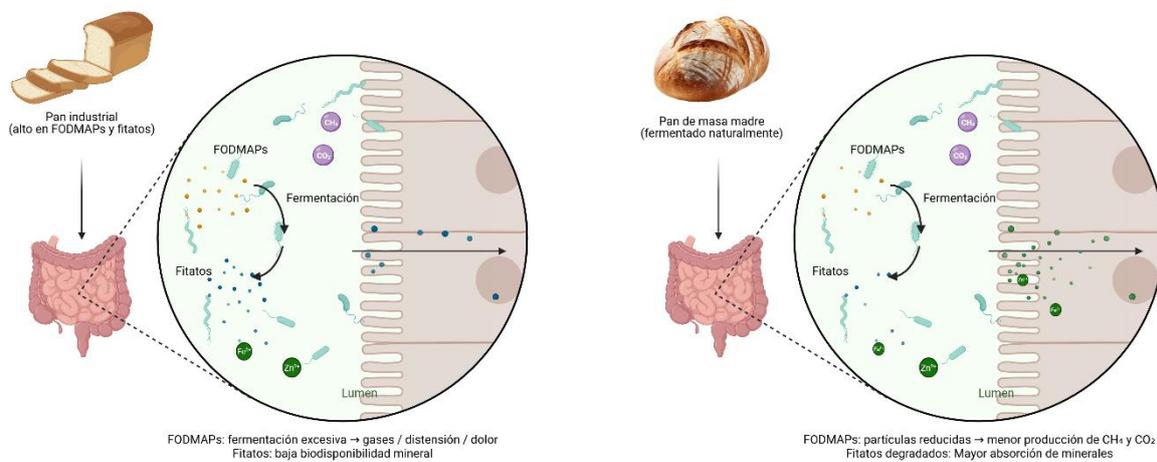
Otro aspecto relevante es la digestibilidad, las bacterias lácticas pueden degradar parcialmente proteínas como la gliadina, un componente del gluten, así como almidones resistentes, lo que reduce la respuesta glucémica del pan acorde a Cristofori et al. (2020); Ramos et al. (2021), además, diversos estudios han mostrado que la fermentación con masa madre disminuye significativamente el contenido de FODMAPs Koc et al. (2024), en un modelo in vitro, la cepa *Lactiplantibacillus plantarum* FST1.7 se observó que no solo redujo FODMAPs, sino que favoreció la producción de metabolitos como acetato y butirato, beneficiosos para la salud intestinal Koc et al. (2024), lo que convierte al pan de masa madre en una alternativa más tolerable para personas con sensibilidad digestiva o síndrome del intestino irritable.

La masa madre también prolonga la vida útil del pan, los ácidos orgánicos generados durante la fermentación disminuyen el pH de la miga, creando un entorno hostil para el crecimiento de hongos y bacterias potencialmente patogénicas; algunas cepas, como *Lactiplantibacillus plantarum* G8, incluso producen compuestos antifúngicos naturales, capaces de conservar el

pan y mantenerla libre de mohos hasta por 12 días sin necesidad de conservantes industriales Mou et al. (2025), esto representa no solo una ventaja tecnológica, sino también una oportunidad para una panificación más limpia y sostenible.

Figura 1

Diferencias entre panes industriales y pan de masa madre.



Elaboración propia, Creado en <https://BioRender.com>

Ciencia y tradición una relación simbiótica

La fermentación espontánea de la masa madre es mucho más que una técnica culinaria, es un puente vivo entre el conocimiento empírico de generaciones pasadas y la comprensión científica actual, durante siglos, los panaderos han perfeccionado esta práctica sin saber que estaban cultivando ecosistemas microbianos complejos, seleccionando sin instrumentos ni laboratorios las condiciones ideales para que levaduras y bacterias lácticas trabajen en armonía.

La ciencia nos permite entender los mecanismos detrás de ese “saber hacer” tradicional qué especies predominan, cómo interactúan, qué compuestos producen y cómo influyen en nuestra salud, pero lejos de reemplazar al oficio, la ciencia lo complementa, lo respeta y lo potencia, el comprender la fermentación desde ambas perspectivas la del laboratorio y la de la mesa de amasado no solo mejora el pan, sino que revaloriza al panadero como guardián de un conocimiento ancestral profundamente conectado con la vida.



Conclusiones

La fermentación espontánea en masa madre representa un fenómeno biotecnológico ancestral que combina complejidad microbiológica, funcionalidad nutricional y profundidad cultural, a través del equilibrio simbiótico entre bacterias ácido-lácticas y levaduras, este proceso no solo transforma una mezcla simple de harina y agua en un pan con carácter único, sino que también genera beneficios tangibles en sabor, digestibilidad, conservación y valor nutricional.

El conocimiento científico actual permite comprender con mayor precisión los factores que moldean la

fermentación como el tipo de harina, la hidratación, la temperatura con el entorno y cómo estos influyen en la diversidad microbiana y en los compuestos generados, asimismo, los avances recientes han evidenciado el potencial funcional del pan de masa madre, desde la reducción de fitatos y FODMAPs hasta la generación de metabolitos bioactivos y agentes antifúngicos naturales.

Lejos de ser una técnica obsoleta, la masa madre se reafirma como una herramienta de vanguardia en la búsqueda de una panificación más saludable, sostenible y significativa.

Referencias

- Akamine, I. T., Mansoldo, F. R. P., & Vermelho, A. B. (2023). Probiotics in the Sourdough Bread Fermentation: Current Status. *Fermentation*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/fermentation9020090>
- Calvert, M. D., Madden, A. A., Nichols, L. M., Haddad, N. M., Lahne, J., Dunn, R. R., & McKenney, E. A. (2021). A review of sourdough starters: ecology, practices, and sensory quality with applications for baking and recommendations for future research. *PeerJ*, 9, 1–37. <https://doi.org/10.7717/peerj.11389>
- Cristofori, F., Francavilla, R., Capobianco, D., Dargenio, V. N., Filardo, S., & Mastromarino, P. (2020). Bacterial-Based Strategies to Hydrolyze Gluten Peptides and Protect Intestinal Mucosa. *Frontiers in Immunology*, 11(November). <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.567801>
- De Vuyst, L., & Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: Biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1–3), 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.012>
- Di Cagno, R., Rizzello, C. G., De Angelis, M., Cassone, A., Giuliani, G., Benedusi, A., ... Gobbetti, M. (2008). Use of selected sourdough strains of *Lactobacillus* for removing gluten and enhancing the nutritional properties of gluten-free bread. *Journal of Food Protection*, 71(7), 1491–1495. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.7.1491>
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A., & Di Cagno, R. (2005). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1–3), 57–69. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.013>
- Gobbetti, Marco, De Angelis, M., Di Cagno, R., Calasso, M., Archetti, G., & Rizzello, C. G. (2019). Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 302(April), 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.018>
- Gobbetti, Marco, Minervini, F., Pontonio, E., Di Cagno, R., De Angelis, M., Minervini, F., ... De Angelis, M. (2016). Drivers for the establishment and composition of the sourdough lactic acid bacteria biota. *International Journal of Food Microbiology*, 1–49. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.05.022>
- Hammes, W. P., Brandt, M. J., Francis, K. L., Rosenheim, J., Seitter, M. F. H., & Vogelmann, S. A. (2005). Microbial ecology of cereal fermentations. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1–3), 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.010>
- Koc, F., Arendt, E., Coffey, A., Ross, R. P., & Stanton, C. (2024). Impact of low FODMAP sourdough bread on gut microbiota using an in vitro colonic fermentation model. *Frontiers in Microbiology*, 15(November), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1496022>
- Kurtzman, C. (2011). *The Yeasts, a Taxonomic Study* (J. Fell & T. Bockhout, eds.). London: Elsevier Inc.
- Landis, E. A., Oliverio, A. M., McKenney, E. A., Nichols, L. M., Kfoury, N., Biango-Daniels, M., ... Wolfe, B. E. (2021). The diversity and function of sourdough starter microbiomes. *ELife*, 10, 1–24. <https://doi.org/10.7554/eLife.61644>
- McKenney, E. A., Nichols, L. M., Alvarado, S., Hardy, S., Kemp, K., Polmanteer, R., ... Dunn, R. R. (2023). Sourdough starters exhibit similar succession patterns but develop flour-specific climax communities. *PeerJ*, 11, 1–24. <https://doi.org/10.7717/peerj.16163>
- Minervini, F., Dinardo, F. R., Celano, G., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2018). Lactic acid bacterium population dynamics in artisan sourdoughs over one year of daily propagations is mainly driven by flour microbiota and nutrients. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01984>
- Moroni, A. V., Dal Bello, F., & Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*, 26(7), 676–684. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.001>



- Mou, T., Xu, R., Li, Q., Li, J., Liu, S., Ao, X., ... Liu, A. (2025). Screening of Antifungal Lactic Acid Bacteria and Their Impact on the Quality and Shelf Life of Rye Bran Sourdough Bread. *Foods*, *14*(7), 1–12. <https://doi.org/10.3390/foods14071253>
- Murniece, R., Reidzane, S., Radenkovs, V., Straumite, E., Keke, A., Kobrin, E., & Klava, D. (2025). Scald Fermentation Time as a Factor Determining the Nutritional and Sensory Quality of Rye Bread. *Foods*, 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14060979>
- Ramos, L., Alonso-Hernando, A., Martínez-Castro, M., Morán-Pérez, J. A., Cabrero-Lobato, P., Pascual-Maté, A., ... Mujico, J. R. (2021). Sourdough biotechnology applied to gluten-free baked goods: Rescuing the tradition. In *Foods* (Vol. 10). <https://doi.org/10.3390/foods10071498>.