

Fosfolipasa como mejorador de panificación: aplicaciones en pan, masas fermentadas, volumen y miga uniforme

Equipo de investigación de Enzymes.bio · Wellington, Nueva Zelanda · June 21, 2026

La fosfolipasa para panificación es una enzima que modifica fosfolípidos de la harina y, cuando están presentes, de ingredientes como lecitina, generando lípidos más activos en la interfaz gas-agua-grasa de la masa. En la práctica, se utiliza como mejorador de pan para apoyar la retención de gas, el volumen, la tolerancia de la masa y una miga más fina y homogénea, siempre con resultados dependientes de la harina, la fórmula y el proceso. Enzymes.bio suministra este producto para compra directa en línea en unidades de 1 kg; el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido .

Qué es una fosfolipasa en panificación y por qué importa

Una fosfolipasa es una enzima lipolítica que cataliza la hidrólisis de fosfolípidos. Los fosfolípidos son moléculas anfifílicas: una parte de su estructura tiene afinidad por el agua y otra por fases lipídicas o interfaces. Esa característica explica por qué los fosfolípidos se emplean ampliamente en sistemas alimentarios estructurados, como emulsiones y liposomas, donde la organización interfacial determina estabilidad, dispersión y comportamiento físico ^[1].

En una masa de trigo, los lípidos representan una fracción menor frente al almidón y las proteínas, pero su efecto tecnológico puede ser desproporcionado. Durante el amasado se forman burbujas de aire, se hidratan las proteínas del gluten y se dispersan gránulos de almidón; en ese entorno, los lípidos polares ayudan a estabilizar interfaces y a modular la interacción entre gluten, agua y gas. La fosfolipasa modifica esos lípidos polares y puede aumentar su funcionalidad como emulsionantes generados dentro de la propia masa, un principio coherente con la ciencia de emulsiones aplicada a alimentos ^[2].

El interés panadero de la fosfolipasa se concentra en cuatro resultados: masa más tolerante al proceso, mejor retención de gas durante fermentación, mayor estabilidad de volumen y estructura de miga más uniforme. Las páginas técnicas de enzimas para panificación describen a las fosfolipasas como

herramientas para mejorar propiedades de masa y pan mediante la transformación de fosfolípidos, especialmente cuando se busca fortalecer la estructura sin depender exclusivamente de emulsificantes añadidos ^[3].

Mecanismo concreto: de fosfolípidos a lípidos más funcionales

El mecanismo más relevante en panificación es la conversión de fosfolípidos en productos más polares o con distinta geometría molecular. En términos prácticos, la enzima cambia la forma en que esos lípidos se orientan en interfaces: las burbujas de gas quedan rodeadas por una película más estable, la masa resiste mejor la coalescencia de burbujas y la red gluten-almidón puede sostener mejor la expansión durante fermentación y entrada al horno. Este mecanismo no significa que la enzima “cree gluten”, sino que mejora el entorno físico donde el gluten trabaja.

La fosfolipasa A, por ejemplo, puede liberar un ácido graso de un fosfolípido y formar un lisofosfolípido. Los lisofosfolípidos suelen tener una conformación que facilita su actividad en interfaces y su interacción con agua y lípidos, lo que explica su utilidad como emulsionantes funcionales. Otras clases de fosfolipasa actúan en enlaces distintos del fosfolípido, por lo que los efectos tecnológicos dependen del tipo de actividad presente y de los sustratos disponibles en la receta.

Este cambio molecular tiene consecuencias macroscópicas. Si las paredes de las burbujas de gas son más estables, la masa retiene mejor el dióxido de carbono producido por la levadura. Si la película interfacial se rompe con menos facilidad, disminuyen defectos como alveolos grandes irregulares, colapso parcial o miga abierta no deseada en panes de molde. La evidencia en sistemas lipídicos modelo muestra que la degradación catalizada por fosfolipasa puede cambiar la morfología de dominios lipídicos y las transiciones reológicas de monocapas, lo que apoya la idea de que pequeñas modificaciones químicas en lípidos pueden alterar propiedades físicas de una interfaz ^[4].

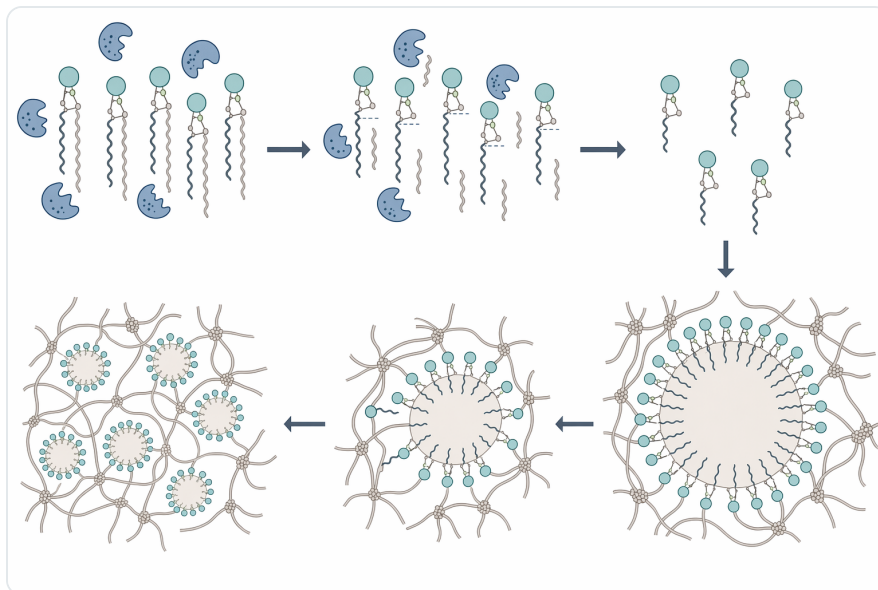


Figure 1. 포스포리파아제는 반죽 계면의 인지질을 더 표면활성이 높은 지질 산물로 바꾸어 기포막 안정화에 도움을 줍니다.

El efecto ocurre antes de la inactivación térmica durante el horneado. Por ello, los momentos críticos son mezclado, reposo, fermentación y primera fase de expansión en horno. La enzima necesita distribución homogénea y suficiente hidratación para entrar en contacto con los fosfolípidos; si la masa es muy seca, muy corta en fermentación o pobre en sustratos lipídicos accesibles, la respuesta puede ser menor.

Por qué la fosfolipasa no actúa aislada: gluten, almidón, agua y fermentación

La calidad del pan no depende de un solo ingrediente. La estructura de la masa se forma por una red viscoelástica donde gluten, almidón, agua, lípidos, sal, levadura y energía de amasado interactúan de forma dinámica. Un trabajo sobre reología de masas de trigo subraya que los componentes principales de la harina y la fermentación deben evaluarse conjuntamente para explicar el comportamiento de la masa, no como variables independientes [5].

El gluten aporta extensibilidad y elasticidad; el almidón absorbe agua, gelatiniza durante el horneado y contribuye a la textura de la miga; los lípidos influyen en la estabilidad de interfaces y en la suavidad percibida. La fosfolipasa actúa sobre la parte lipídica del sistema, pero su beneficio se expresa a través de toda la matriz. En una harina con proteína insuficiente o gluten muy débil, la enzima puede mejorar estabilidad interfacial, pero no sustituye la función estructural de una red proteica adecuada.

La fermentación también cambia el resultado. Levaduras y bacterias lácticas modifican pH, producción de gas, compuestos de aroma y comportamiento reológico. La selección de bacterias lácticas de origen cerealero como posibles cultivos iniciadores para panificación muestra que el sistema fermentativo es

una variable tecnológica importante, especialmente cuando se busca modular textura y perfil sensorial [6]. En masas fermentadas a baja temperatura, los cultivos mixtos de levadura y bacterias lácticas también se han estudiado como herramienta para controlar el desarrollo de la masa [7].

La fosfolipasa debe entenderse, por tanto, como un mejorador funcional dentro de una formulación. Su efecto puede ser claro en panes de molde, panes blandos o bollería fermentada; puede ser más variable en panes integrales, masas con alto contenido de fibra, masas congeladas o sistemas sin gluten. La presencia de ingredientes que retienen agua o alteran la red proteica puede desplazar el equilibrio de la masa y cambiar la respuesta a la enzima.

Aplicaciones principales en pan y masas fermentadas

Pan de molde y panes blandos

En pan de molde, pan para sándwich y panes blandos, los atributos críticos son volumen regular, rebanada uniforme, miga fina y buena resistencia al corte. La fosfolipasa puede contribuir a esos objetivos al mejorar la estabilidad de las burbujas durante fermentación y horneado inicial. En estos productos, una distribución de alveolos más homogénea suele traducirse en mejor apariencia, menor fragilidad de rebanada y sensación de miga más continua.

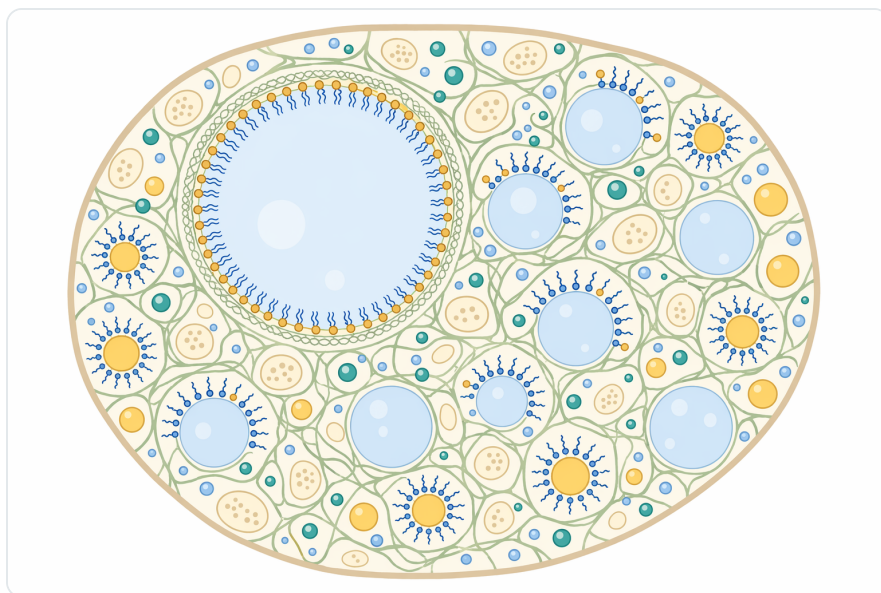


Figure 2. 빵 반죽에는 물·지질·기체·단백질이 만나는 계면이 많이 있으며, 이곳에서 극성 지질은 가스 보유력과 빵속 조직에 영향을 줍니다.

La mejora no debe interpretarse como un incremento garantizado de volumen en cualquier harina. Estudios sobre tratamientos enzimáticos y oxidantes en masas elaboradas con cinco cultivares de trigo de primavera canadiense muestran que la calidad panadera depende de la interacción entre

tratamiento y materia prima; la misma intervención puede comportarse de forma distinta según el cultivar y las propiedades de la harina ^[8]. Esa variabilidad es especialmente importante en producción industrial, donde pequeños cambios de harina pueden alterar absorción, estabilidad y tolerancia.

Bollería fermentada y masas enriquecidas

En bollería fermentada, pan dulce y masas con grasa, azúcar, leche en polvo u otros ingredientes enriquecedores, la fase lipídica tiene más peso tecnológico. La grasa aporta ternura y lubricación, pero también puede interferir con la hidratación de proteínas y la formación de red si no está bien integrada. Una fosfolipasa puede ayudar a ordenar parte de esa fase lipídica mediante la generación de moléculas con mayor actividad interfacial.

El beneficio potencial es una masa más estable, con mejor tolerancia al formado y una miga menos irregular. Sin embargo, las masas enriquecidas son sistemas complejos: el azúcar compite por agua, la grasa modifica la extensibilidad, y la fermentación puede ser más lenta por presión osmótica. Por ello, la enzima debe evaluarse como parte del equilibrio de formulación y no como sustituto automático de grasa funcional, emulsificantes o ajustes de amasado.

Reducción parcial de emulsificantes

Una aplicación comercial frecuente es apoyar la reducción parcial de emulsificantes añadidos. La lógica es sencilla: si la enzima transforma fosfolípidos presentes en harina o lecitina en moléculas más funcionales, una parte del efecto emulsionante puede generarse dentro de la masa. Proveedores de biosoluciones para panificación describen el uso de enzimas lipolíticas en estrategias de fortalecimiento de masa y reducción de dependencia de ciertos emulsificantes, siempre dentro de formulaciones ajustadas ^[9].

La palabra clave es “parcial”. No existe una equivalencia universal entre fosfolipasa y emulsificante, porque la respuesta depende de la cantidad de fosfolípidos disponibles, el tipo de harina, la presencia de lecitina, el proceso y el estándar de calidad del producto final. En productos donde el emulsificante cumple varias funciones —volumen, suavidad, vida útil, tolerancia mecánica—, la reducción debe plantearse como reformulación, no como sustitución uno a uno.

Formulaciones con lecitina

La lecitina es una fuente relevante de fosfolípidos. Cuando una receta incluye lecitina, la fosfolipasa puede encontrar sustratos adicionales y generar lisofosfolípidos u otros derivados con comportamiento interfacial distinto. Esto puede ser útil en panes blandos, masas enriquecidas y sistemas donde se busca una emulsificación más eficiente.

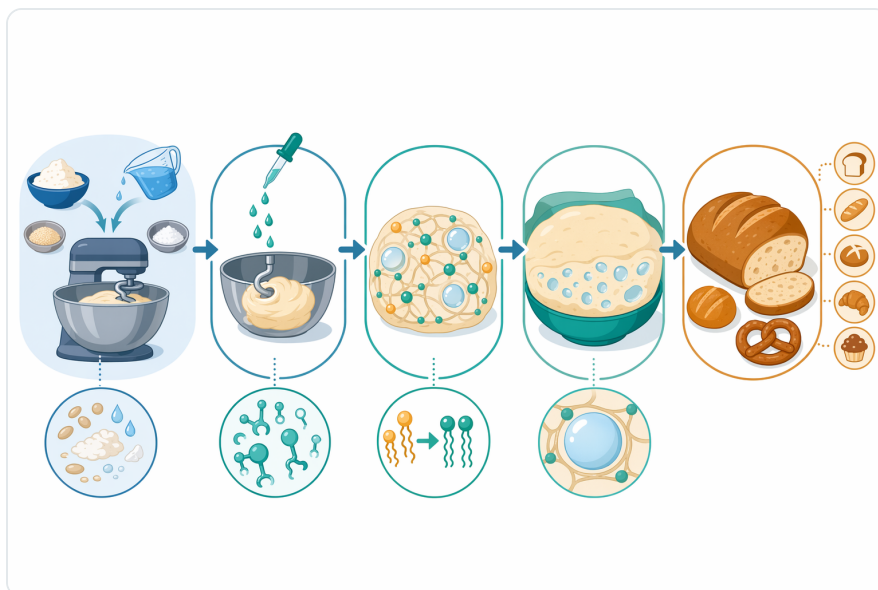


Figure 3. 포스포리파아제는 믹싱, 발효, 최종 발효, 그리고 굽는 동안 빵 구조가 고정되기 전 초기 가열 단계에서 작용합니다.

La interacción con lecitina debe manejarse con prudencia. Más sustrato no siempre significa mejor resultado: un exceso de modificación lipídica puede alterar plasticidad, sensación de boca o manejo de masa. El objetivo tecnológico es equilibrar actividad enzimática, cantidad de fosfolípidos y proceso para obtener estabilidad de gas sin volver la masa pegajosa, débil o excesivamente tenaz.

Panes con harinas alternativas, legumbres o fibra

En formulaciones con harinas alternativas, legumbres, fibra o ingredientes vegetales funcionales, el efecto de la fosfolipasa puede cambiar notablemente. La incorporación de garbanzo germinado en grano o harina, por ejemplo, se ha estudiado por su impacto en la reología de la masa y las características del pan, mostrando que los ingredientes alternativos modifican la estructura y el desempeño panadero ^[10].

En esos productos, la limitación principal suele ser la red estructural: dilución de gluten, competencia por agua, presencia de fibra insoluble o cambios de viscosidad. La fosfolipasa puede apoyar la estabilización de interfaces, pero no reemplaza por sí sola a hidrocoloides, proteínas funcionales, ajustes de hidratación o selección adecuada de proceso. En panes con alto contenido de fibra, el control de agua es tan importante como la modificación lipídica.

Comparación con otras enzimas de panificación

La fosfolipasa pertenece a la familia funcional de enzimas que modifican lípidos, pero su papel es distinto al de amilasas, proteasas o enzimas que actúan sobre polisacáridos no amiláceos. La siguiente tabla resume diferencias prácticas relevantes para formuladores y panaderos industriales.

Enzima o sistema	Sustrato principal en la masa	Efecto tecnológico típico	Riesgo si la formulación no está equilibrada
Fosfolipasa	Fosfolípidos de harina, lecitina u otros lípidos polares	Mayor actividad interfacial, apoyo a retención de gas, volumen y miga uniforme	Respuesta variable si hay pocos sustratos lipídicos o si se altera demasiado la fase grasa
Lipasa	Triglicéridos y otros lípidos	Modificación de grasas, posible apoyo a estructura y textura	Cambios sensoriales o de manejo si se generan productos lipolíticos no deseados
Amilasa	Almidón dañado y fracciones accesibles	Producción de azúcares fermentables y dextrinas; apoyo a fermentación, color y suavidad	Miga pegajosa o exceso de dextrinización si se sobreactúa
Proteasa	Proteínas del gluten	Ablandamiento, mayor extensibilidad, menor resistencia	Masa débil, pérdida de volumen o colapso si se degrada demasiado la red
Xilanasa / hemicelulasa	Arabinosilanos y pentosanos	Liberación o redistribución de agua, mejora de manejabilidad y volumen en ciertos sistemas	Pegajosidad o pérdida de estabilidad si se modifica en exceso la fase de fibra

La alfa-amilasa es un ejemplo claro de enzima con función distinta: se ha expresado y evaluado para aplicaciones de panificación por su capacidad de actuar sobre almidón y contribuir al desempeño de la masa y del pan ^[11]. En cambio, la fosfolipasa no busca producir azúcares fermentables; su objetivo principal es modificar lípidos polares y mejorar el comportamiento interfacial.

Las proteasas funcionan de forma casi opuesta a los sistemas de fortalecimiento: pueden relajar la masa y aumentar extensibilidad al modificar proteínas. En galletas, la influencia de proteasa y lipasa se ha estudiado como modificación funcional de reología y calidad, mostrando que distintas enzimas tienen impactos tecnológicos específicos y no intercambiables ^[12]. En pan, una proteasa puede ser útil en masas demasiado tenaces, pero perjudicial si la estructura ya es débil.

Evidencia técnica: qué se puede afirmar con confianza

Puede afirmarse con confianza que las enzimas son herramientas establecidas en procesamiento de alimentos y panificación. Las revisiones sobre hidrólisis enzimática en alimentos describen avances biotecnológicos y aplicaciones amplias de enzimas para modificar macromoléculas, mejorar funcionalidad y ajustar propiedades tecnológicas ^[13]. En panificación, ese enfoque se traduce en el uso de enzimas dirigidas a almidón, proteínas, lípidos y polisacáridos de la harina.

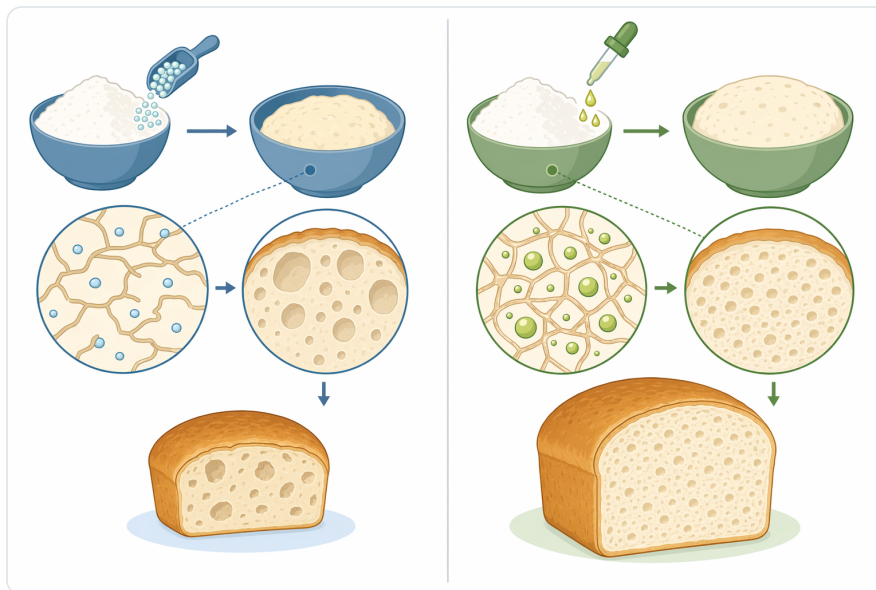


Figure 4. 포스포리파아제는 주로 전분, 섬유 다당류, 중성지방이 아니라 극성 인지질을 표적으로 한다는 점에서 아밀라아제, 자일라나아제, β -글루카나아제, 리파아제와 다릅니다.

También puede afirmarse que los tratamientos enzimáticos modifican la reología de las masas de trigo. Un estudio sobre tratamientos oxidantes y enzimáticos en masas preparadas con cinco cultivares de trigo evaluó cambios reológicos, lo que confirma que la respuesta de la masa depende tanto del tratamiento como de la composición de la harina [14]. Esta evidencia no convierte a una enzima en solución universal, pero sí respalda el concepto de ajustar masa mediante actividades enzimáticas específicas.

Para la fosfolipasa, la afirmación razonable es que puede mejorar propiedades de panificación al actuar sobre fosfolípidos y favorecer una funcionalidad emulsionante generada in situ. Las páginas especializadas sobre fosfolipasa en panificación la presentan como una enzima relevante para mejorar volumen, textura y estabilidad de masa mediante modificación de lípidos [3]. Esta evidencia debe comunicarse como soporte técnico, no como promesa absoluta de resultado.

Lo que no debe afirmarse sin validación específica es una extensión fija de vida útil, una reducción exacta de emulsificantes o una mejora nutricional cuantificada. El envejecimiento del pan incluye retrogradación del almidón, migración de agua y cambios en la matriz de gluten; los lípidos pueden influir, pero no son el único factor. La movilidad del agua, la oxidación de tioles, el entrecruzamiento proteico y la reología están conectados en masas de trigo, como muestran estudios sobre concentración iónica, oxidación y movilidad de agua [15].

Factores de formulación que modifican la respuesta

La harina es el primer factor. Cambios de proteína, daño de almidón, extracción, contenido de lípidos y presencia de enzimas endógenas pueden alterar la respuesta a fosfolipasa. Una harina fuerte y bien equilibrada puede mostrar mejoras en tolerancia y volumen; una harina débil puede necesitar apoyo adicional de gluten, oxidación controlada o ajuste de hidratación.

La hidratación es el segundo factor. La enzima necesita movilidad en fase acuosa y contacto con sustratos dispersos. Una hidratación insuficiente limita difusión y puede reducir el efecto; una hidratación excesiva puede producir una masa inestable aunque la interfaz gas-lípido mejore. Por eso, la respuesta práctica se observa en el manejo: absorción aparente, pegajosidad, elasticidad y tolerancia al formado.

El amasado determina distribución y desarrollo de red. Si la enzima no se dispersa bien, el efecto será irregular; si el amasado es excesivo, la masa puede perder tolerancia por daño mecánico. La fosfolipasa no compensa un desarrollo de gluten mal conducido: actúa mejor cuando el proceso permite que red proteica, gas y lípidos modificados se organicen de manera coordinada.

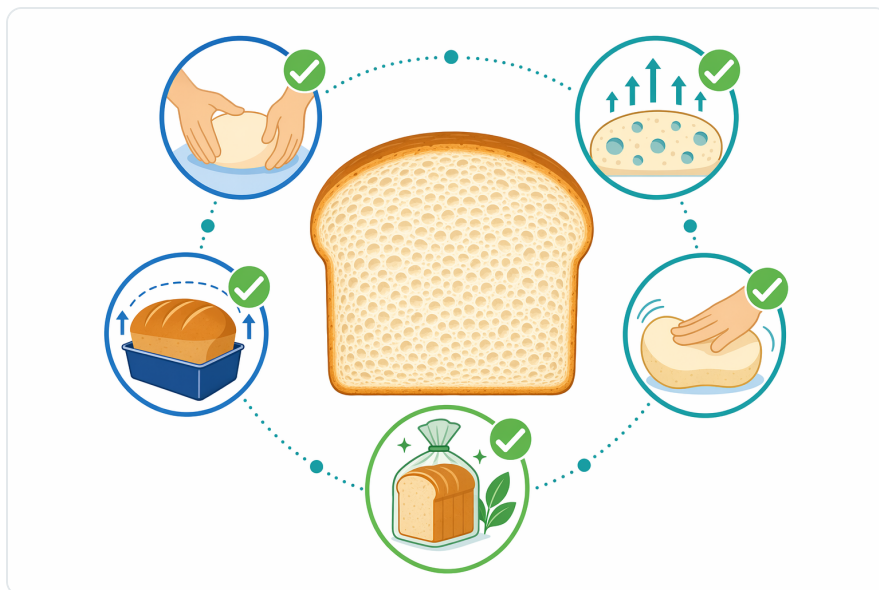


Figure 5. 기대할 수 있는 주요 빵 품질 개선 효과는 반죽 내성 향상, 가스 보유력 개선, 빵 부피 증가, 더 고운 빵속 조직, 그리고 반응성이 좋은 배합에서 더 부드러운 식감입니다.

La fermentación determina cuánto tiempo tiene la enzima para actuar antes del horneado. En procesos directos cortos, el margen de acción puede ser distinto al de fermentaciones largas o retardadas. En masas con cultivos mixtos o fermentaciones a baja temperatura, el metabolismo microbiano, la acidez y la producción de gas cambian la ventana tecnológica de la enzima ^[7].

Los ingredientes lipídicos completan el cuadro. Grasa, aceite, mantequilla, lecitina, huevo, leche en polvo y emulsificantes comerciales pueden interactuar con la fosfolipasa. En una fórmula con lecitina, la enzima puede tener más sustratos; en una fórmula muy baja en lípidos polares, el efecto puede depender casi por completo de la harina. En productos enriquecidos, la fase grasa puede mejorar la suavidad, pero también exigir mayor control de mezcla y fermentación.

Beneficios esperables y límites responsables

Los beneficios más realistas de una fosfolipasa como mejorador de pan son: mayor estabilidad de gas, miga más uniforme, apoyo al volumen, mejor tolerancia de masa y posible reducción parcial de emulsificantes. Estos resultados son más probables en panes donde la estructura de burbujas y la uniformidad visual son atributos críticos, como pan de molde, bollería fermentada y panes blandos.

El beneficio en textura puede percibirse como miga más fina, menos quebradiza o más regular al corte. Sin embargo, la textura durante almacenamiento depende de muchos factores: formulación, humedad, empaque, retrogradación del almidón, grasa, enzimas complementarias y condiciones de distribución. Por ello, es técnicamente más correcto hablar de “contribución a estabilidad de textura” que prometer una vida útil concreta.

La fosfolipasa tampoco corrige defectos de proceso graves. No solucionará una fermentación insuficiente, una levadura inactiva, un amasado inadecuado, un horneado incompleto ni una harina incompatible con el producto. Su función se expresa mejor cuando los fundamentos de panificación ya están controlados y se busca afinar volumen, tolerancia y estructura.

En sistemas sin gluten o con gluten reducido, el límite es mayor. Al faltar una red proteica elástica equivalente al gluten, la estabilización interfacial ayuda, pero no basta para sostener por sí sola el volumen. En esos casos, hidrocoloides, proteínas vegetales, almidones modificados por proceso y diseño de hidratación suelen tener un papel estructural más determinante.

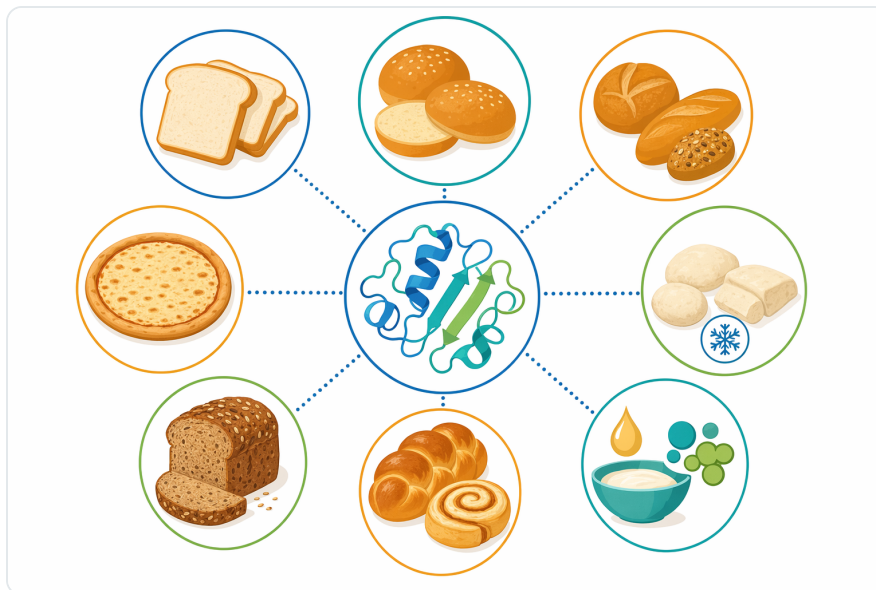


Figure 6. 포스포리파아제는 밀가루 지질, 레시틴, 달걀, 유제품 원료, 통곡물 분획, 유지종자 원료처럼 인지질 기질을 제공하는 배합에서 가장 유용합니다.

Uso en sistemas enzimáticos combinados

En panificación moderna, la fosfolipasa rara vez se evalúa de manera aislada. Puede combinarse con amilasas para fermentación y suavidad, xilanasa para manejo de agua, glucosa oxidasa u otros sistemas de fortalecimiento, y proteasa cuando se necesita relajar masas excesivamente tenaces. La clave es que cada enzima actúa sobre un sustrato distinto y puede desplazar el equilibrio de la masa.

Una combinación mal ajustada puede producir efectos contradictorios. Por ejemplo, una enzima que fortalece estructura puede compensarse o anularse con una proteasa que debilita gluten; una amilasa excesiva puede generar miga pegajosa aunque la retención de gas sea buena; una xilanasa intensa puede liberar agua y cambiar pegajosidad. Por eso, la fosfolipasa debe integrarse dentro de una lógica de sistema, no añadirse como “mejorador universal”.

Las plataformas comerciales de enzimas para panificación suelen agrupar soluciones según objetivos: volumen, frescura, tolerancia, reducción de emulsificantes o procesamiento. Enzymes.bio presenta una categoría de enzimas de panificación, lo que sitúa a la fosfolipasa dentro de un conjunto más amplio de herramientas enzimáticas para masas y productos horneados .

Suministro por Enzymes.bio

Enzymes.bio actúa como proveedor en línea, no como fabricante ni laboratorio. La fosfolipasa para panificación se ofrece para compra directa en unidades de 1 kg, con documentación de acompañamiento del producto. El certificado de análisis y la ficha de datos de seguridad se

proporcionan junto con el pedido .

Este artículo tiene finalidad técnica y educativa para usuarios B2B que formulan o producen pan, bollería fermentada y masas industriales. La aplicación final debe validarse en la receta real, considerando harina, hidratación, fermentación, amasado, horneado, ingredientes lipídicos y objetivos de calidad. La fosfolipasa puede ser una herramienta eficaz para mejorar volumen, tolerancia y miga, pero su valor real aparece cuando se integra en una formulación bien controlada.

Pedir Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver en línea

Se vende en unidades de 1 kg, en stock y listo para enviar. Haga su pedido directamente en nuestra tienda: pague en línea y procesaremos su pedido. Con cada pedido se incluyen un Certificado de Análisis y una Ficha de Datos de Seguridad.

[Comprar Phospholipase Enzymes As Bread Making Improver →](#)

Referencias

Numeradas por orden de primera cita. Fuentes de acceso abierto, verificadas como disponibles en el momento de publicación; los números de cita en el texto enlazan aquí.

1. Ajeeshkumar, K. K., Aneesh, P., Raju, N., Suseela, M., Ravishankar, C. N., & Benjakul, S. (2021). [Advancements in liposome technology: Preparation techniques and applications in food, functional foods, and bioactive delivery: A review.](#) *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20 2, 1280-1306 .
2. Bai, L., Huan, S., Rojas, O., & McClements, D. (2021). [Recent Innovations in Emulsion Science and Technology for Food Applications.](#) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
3. [Exploring Phospholipase An Essential Enzyme In Baking And Its Future Prospects.](#) *Xikezymes*.
4. Fisher, J. M., & Squires, T. M. (2024). [Phospholipase-catalyzed degradation drives domain morphology and rheology transitions in model lung surfactant monolayers.](#) *Soft Matter*, 20, 7321 - 7332.
5. Meerts, M. (2018). [Assessing the role of the main flour components and fermentation in the rheology of wheat flour dough with a new rheological toolbox.](#)
6. Milanović, V., Osimani, A., Garofalo, C., Belleggia, L., Maoloni, A., Cardinali, F., Mozzon, M., ... et al. (2020). [Selection of cereal-sourced lactic acid bacteria as candidate starters for the baking industry.](#) *PLoS ONE*, 15.
7. Liszkowska, W., Motyl, I., Pielech-Przybylska, K., Dziekońska-Kubczak, U., & Berłowska, J. (2024). [Mixed Culture of Yeast and Lactic Acid Bacteria for Low-Temperature Fermentation of Wheat Dough.](#) *Molecules*, 30.
8. Tozatti, P., Hopkins, E. J., Briggs, C., Hucl, P., & Nickerson, M. (2020). [Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the baking quality of doughs formulated with five Canadian spring wheat cultivars.](#) *Food science and technology international = Ciencia y tecnología de los alimentos internacional*, 26, 614 - 628.

9. Dough Strengthening. Novonesis.
10. Bresciani, A., Sergiacomo, A., Stefani, A. D., & Marti, A. (2024). Impact of Sprouted Chickpea Grits and Flour on Dough Rheology and Bread Features. *Foods*, 13.
11. He, L., Mao, Y., Zhang, L., Wang, H., Alias, S., Gao, B., & Wei, D. (2017). Functional expression of a novel α -amylase from Antarctic psychrotolerant fungus for baking industry and its magnetic immobilization. *BMC Biotechnology*, 17.
12. Liaquat, A., Ashraf, H., Ahsan, M., Iqbal-Ul-Haq, Mugabi, R., Alsulami, T., & Nayik, G. A. (2025). Enzymatic influence on dough rheology and cookie quality: protease and lipase as functional modifiers. *International Journal of Food Properties*, 28.
13. Akimova, D., Kakimov, A., Suychinov, A., Urazbayev, Z., Zharykbasov, Y., Ibragimov, N., Bauyrzhanova, A., ... et al. (2024). Enzymatic hydrolysis in food processing: biotechnological advancements, applications, and future perspectives. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*.
14. Tozatti, P., Hopkins, E. J., Briggs, C., Hucl, P., & Nickerson, M. (2019). Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the rheology of dough prepared from five different wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*.
15. Cao, W., Pink, D., & Joye, I. (2021). Effect of low ion concentrations on thiol oxidation rates, protein crosslinking, water mobility and rheology of hard wheat flour dough. *Journal of Cereal Science*, 99, 103204.

Contactar con Enzymes.bio

¿Tiene preguntas sobre un pedido? Nuestro equipo estará encantado de ayudarle.

CORREO ELECTRÓNICO wholesale@enzymes.bio

TELÉFONO (EE. UU.) **+1 (507) 428-6057**

Contáctenos →



400+ Clientes B2B



60+ socios universitarios de investigación



54 atendidos en todo el mundo

© 2026 Enzymes.bio · Suministro de enzimas industriales y para procesamiento de alimentos · No apto para consumo humano ni venta minorista.