

Phospholipase para desgomado de aceites, modificación de lecitina, fosfatidilserina y emulsiones nutricionales

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

La **phospholipase** o fosfolipasa es una familia de enzimas que transforma fosfolípidos mediante cortes selectivos en enlaces acilo-éster o fosfodiéster. En aplicaciones B2B, se usa principalmente para desgomado enzimático de aceites vegetales, modificación de lecitina, producción de fosfolípidos funcionales —incluida fosfatidilserina cuando la clase enzimática y el proceso lo permiten— y ajuste de propiedades emulsionantes en matrices lipídicas ^[1].

Enzymes.bio suministra phospholipase como producto disponible para compra directa en línea en unidades de **1 kg**; el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido. Enzymes.bio actúa como proveedor, no como fabricante ni laboratorio de desarrollo de procesos, por lo que el rendimiento final debe validarse dentro de cada matriz y línea de producción .

Qué es la phospholipase y por qué importa en procesos lipídicos

“Phospholipase” no describe una sola enzima, sino un grupo de biocatalizadores que actúan sobre **fosfolípidos**, moléculas formadas por una región hidrofóbica y una cabeza polar con fosfato. Esta estructura anfifílica explica por qué los fosfolípidos se concentran en interfaces agua-aceite, membranas, micelas, lecitinas, emulsiones alimentarias y fracciones de gomas generadas durante el refinado de aceites vegetales ^[1].

La diferencia clave entre **lipase and phospholipase** es el tipo de sustrato. Una lipasa típica hidroliza enlaces éster en triacilglicéridos y otros lípidos neutros; una fosfolipasa reconoce fosfolípidos que contienen grupos fosfato y puede modificar posiciones concretas de la molécula. Esta distinción es práctica: en un aceite crudo, los triacilglicéridos son el producto deseado, mientras que los fosfolípidos pueden formar gomas, arrastrar aceite neutro y dificultar etapas posteriores de refinado ^[2].

Desde el punto de vista industrial, el valor de una phospholipase está en su **selectividad**. En lugar de tratar una mezcla lipídica con química no específica, la enzima puede convertir una fracción de fosfolípidos en lisofosfolípidos, diacilgliceroles, ácido fosfatídico u otros derivados, según el tipo de

fosfolipasa. Esa selectividad permite diseñar procesos más limpios, con menor intensidad química, coherentes con el papel de la biocatálisis como tecnología verde en la industria química y alimentaria [3].

Familias principales: phospholipase A2, A1, C y D

Las fosfolipasas se clasifican por el enlace que rompen dentro del fosfolípido. En un fosfolípido de glicerol típico hay dos cadenas acilo en las posiciones **sn-1** y **sn-2**, y una cabeza fosforilada en **sn-3**. Cambiar el punto de corte cambia por completo el producto de reacción: una fosfolipase A genera lisofosfolípidos y ácidos grasos; una **phospholipase C** libera diacilglicerol; una phospholipase D puede generar ácido fosfatídico o, bajo condiciones de transferencia, nuevos fosfolípidos [4].

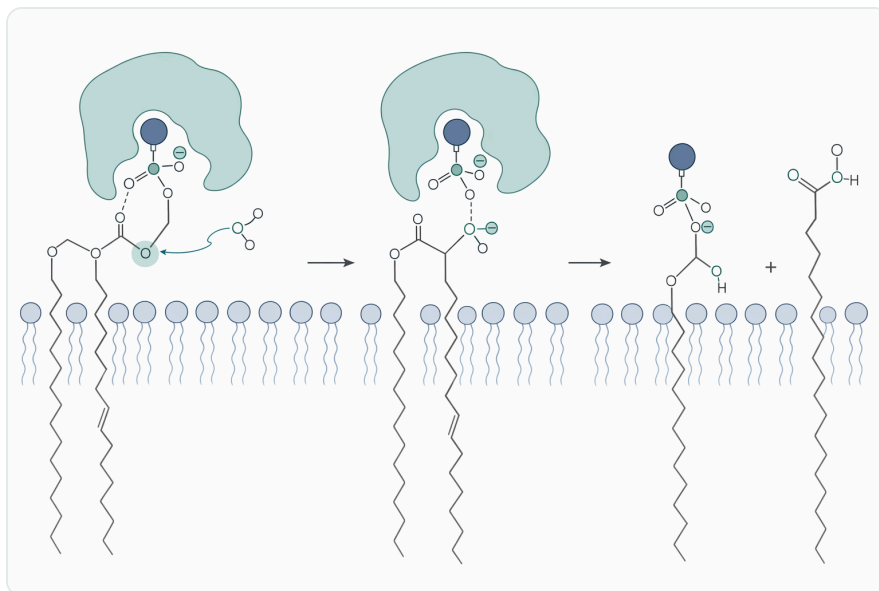


Figure 1. 포스포리파아제는 인지질의 에스터 결합을 가수분해하여 리소인지질과 유리 지방산을 생성함으로써 인지질 제거 또는 개질을 향상시킵니다.

Clase de phospholipase	Enlace atacado	Productos principales	Aplicaciones industriales relevantes	Observaciones técnicas
Phospholipase A1	Éster acilo en sn-1	Ácido graso libre + lisofosfolípido	Modificación de lecitina, generación de lisofosfolípidos, desgomado enzimático	Cambia la capacidad emulsionante y la polaridad del fosfolípido
Phospholipase A2	Éster acilo en sn-2	Ácido graso libre + lisofosfolípido	Procesamiento de aceites, investigación de mediadores lipídicos, modificación selectiva	La búsqueda "phospholipase a2 inflammation" se refiere sobre todo a funciones

Clase de phospholipase	Enlace atacado	Productos principales	Aplicaciones industriales relevantes	Observaciones técnicas
				biológicas, no a claims de producto
Phospholipase C	Enlace glicerol-fosfato	Diacilglicerol + cabeza fosforilada	Desgomado de aceites vegetales, aumento de retención de aceite neutro, procesamiento de lecitinas	El diacilglicerol permanece en la fase oleosa con más facilidad que los fosfolípidos
Phospholipase D	Enlace fosfato-cabeza polar	Ácido fosfatídico + alcohol de cabeza; también transfosfatidilación	Producción de fosfolípidos funcionales como fosfatidilserina	Requiere un aceptor adecuado si se busca transferencia de cabeza polar

La **phospholipase A2** es una de las clases más estudiadas en biología. Hidroliza el enlace éster en sn-2 y libera un ácido graso que puede ser precursor de mediadores lipídicos, por lo que aparece con frecuencia en literatura sobre inflamación, señalización celular y patologías. Esa evidencia explica el interés científico de términos como **soluble phospholipase a2** o **phospholipase a2 inflammation**, pero no debe transformarse en afirmaciones terapéuticas para una enzima industrial [5].

La **phospholipase C** tiene un perfil especialmente relevante para aceites vegetales. Al convertir fosfolípidos en diacilgliceroles y cabezas fosforiladas, puede reducir la carga de fósforo asociada a gomas y, al mismo tiempo, conservar más material lipídico neutro dentro de la fase oleosa. La literatura reciente sobre PLC en alimentos y tecnologías verdes destaca su papel en procesos de refinado más sostenibles y en la modificación controlada de ingredientes lipídicos [4].

La **phospholipase D** es diferente porque permite reacciones de transfosfatidilación. En presencia de un alcohol adecuado como aceptor, puede reemplazar la cabeza polar de un fosfolípido por otra, una estrategia usada para obtener fosfolípidos funcionales. En la producción de fosfatidilserina, por ejemplo, la reacción buscada no es solo “romper” fosfolípidos, sino transferir una cabeza serina para formar un nuevo fosfolípido de mayor valor [6].

Mecanismo de acción: qué cambia en la molécula

Un fosfolípido de lecitina, como la fosfatidilcolina, combina dos cadenas grasas con una cabeza colina-fosfato. Esta arquitectura lo hace soluble de forma parcial en interfaces, pero no como un aceite neutro. Cuando una fosfolipasa A actúa, elimina una de las cadenas acilo y genera un lisofosfolípido,

que conserva una sola cadena grasa y una cabeza polar; ese cambio aumenta el carácter anfifílico y puede modificar de forma marcada el comportamiento emulsionante [7].

En una reacción catalizada por **phospholipase C**, el corte ocurre entre el glicerol y el grupo fosfato. El resultado es un diacilglicerol, que se comporta más como un lípido neutro, y una cabeza fosforilada que puede separarse con la fase acuosa o con las gomas. Este mecanismo es la base de la aplicación de PLC en desgomado: no se busca destruir el aceite, sino transformar fosfolípidos problemáticos en especies más fáciles de manejar durante el refinado [8].

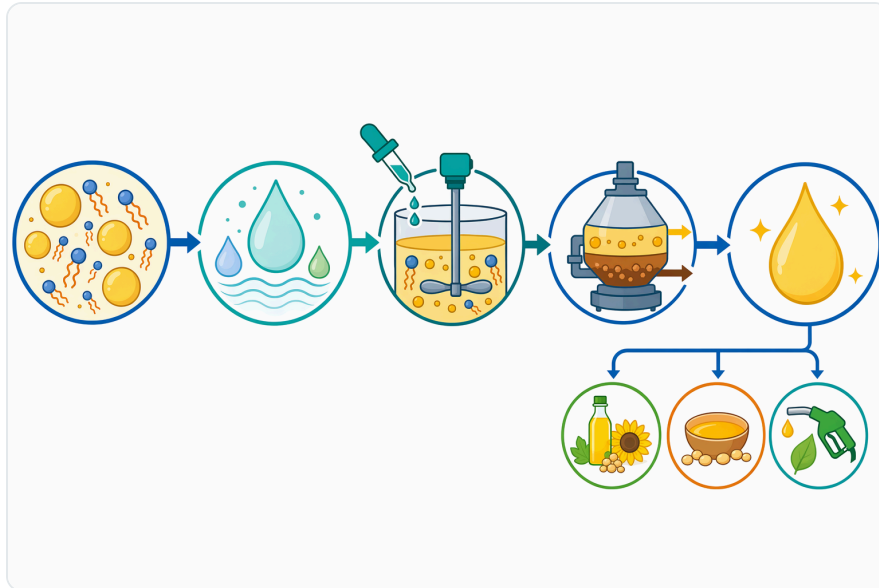


Figure 2. 산업용 포스포리파아제 공정은 효소적 오일 탈검 과정에서 수화성 및 비수화성 인지질을 분리 가능한 산물로 전환하는 데 널리 사용됩니다.

En una reacción de **phospholipase D**, el corte se produce entre el fosfato y la cabeza polar. Si el sistema contiene principalmente agua, se forma ácido fosfatídico; si se introduce un aceptor apropiado y el equilibrio favorece la transferencia, puede formarse un fosfolípido diferente. Por eso la producción de fosfatidilserina depende de controlar el entorno de reacción, no simplemente de añadir una enzima a una lecitina cruda [6].

La actividad de estas enzimas no depende solo de la estructura química del sustrato, sino también de la **organización física** del sistema. Los fosfolípidos pueden estar en gotas, bicapas, micelas, emulsiones o agregados, y la enzima necesita acceder a la interfaz correcta. Este punto explica por qué dos materias primas con composición similar pueden responder de forma diferente si su dispersión, contenido de agua o estado coloidal no son equivalentes [1].

Aplicación 1: desgomado enzimático de aceites vegetales

El desgomado elimina o transforma fosfolípidos presentes en aceites crudos de soja, colza, girasol y otras semillas. En el desgomado convencional, los fosfolípidos hidratables se separan como gomas, pero parte del aceite neutro queda atrapado en esa fracción. Las fosfolipasas ofrecen una ruta más selectiva: convierten fosfolípidos en moléculas que se separan mejor o que permanecen como aceite neutro utilizable, dependiendo de la clase enzimática ^[9].

Las fosfolipasas A1 y A2 producen lisofosfolípidos, que suelen ser más polares que los fosfolípidos originales y pueden facilitar la transferencia a la fase acuosa. En cambio, la phospholipase C genera diacilglicerol a partir de la parte lipídica del fosfolípido, lo que puede favorecer la retención de valor oleoso en la fase de aceite refinable. Por eso la selección entre PLA y PLC no es intercambiable: responde al objetivo de proceso y al tipo de fosfolípidos predominantes ^[8].

La literatura reciente sobre **thermostable phospholipase C** y PLC de diseño se centra en mejorar la eficiencia y sostenibilidad del desgomado enzimático. Aunque cada sistema debe validarse en su propia matriz, el interés tecnológico es claro: reducir carga de fósforo, mejorar separación de gomas y limitar pérdidas de aceite neutro, manteniendo un proceso compatible con líneas industriales de refinado ^[10].

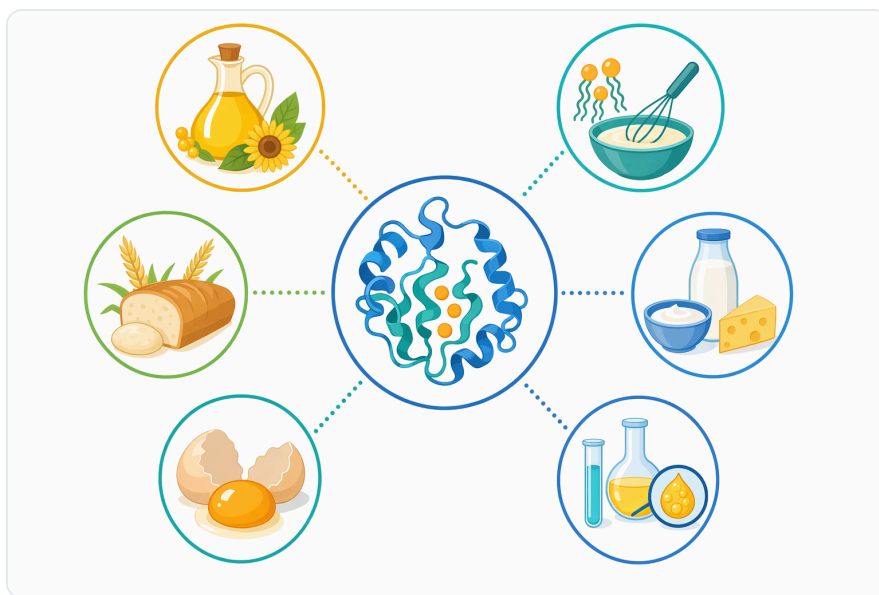


Figure 3. 포스포리파아제는 식용유 정제, 레시틴 품질 개선, 제빵, 유제품, 난가공 및 지질 개질 분야 전반에 사용됩니다.

También se han estudiado fosfolipasas inmovilizadas para desgomado de aceite crudo de soja. La inmovilización busca recuperar el biocatalizador o mejorar su estabilidad operacional, aunque añade complejidad de soporte, transferencia de masa y manejo. Para usuarios B2B, la lección práctica es que

el rendimiento no depende solo de la enzima, sino también de cómo se presenta físicamente el catalizador y de cómo se mezcla con la fase oleosa [11].

Aplicación 2: modificación de lecitina y producción de lisofosfolípidos

La lecitina comercial es una mezcla de fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol, otros fosfolípidos, aceite residual y componentes menores. Al tratarla con fosfolipasas A, se pueden formar lisofosfolípidos, que suelen mostrar propiedades interfaciales diferentes porque tienen una sola cadena acilo y una cabeza polar. Esta modificación puede ser útil en emulsiones, panificación, matrices nutricionales y formulaciones donde la estabilidad de la dispersión es crítica [1].

La modificación enzimática de fosfolípidos es más precisa que una hidrólisis química indiscriminada. Una phospholipase A1 inmovilizada, por ejemplo, se ha estudiado para lograr hidrólisis de fosfolípidos en sistemas de microemulsión agua-en-aceite, lo que ilustra la importancia de controlar el microambiente de reacción. En estas matrices, el contenido de agua no es solo un diluyente: participa en el equilibrio entre hidrólisis, agregación y accesibilidad del sustrato [7].

En emulsiones alimentarias, nutricionales o cosméticas, una diferencia estructural aparentemente pequeña puede cambiar el comportamiento macroscópico. Convertir fosfatidilcolina en lisofosfatidilcolina, o transformar fosfolípidos en diacilgliceroles mediante PLC, altera la curvatura interfacial, la afinidad por agua y aceite y la forma en que las gotas se estabilizan. Por eso la enzima debe evaluarse en la formulación real, no solo en una materia prima aislada [4].

Aplicación 3: fosfatidilserina y otros fosfolípidos funcionales

La fosfatidilserina es un fosfolípido funcional que puede obtenerse mediante transfosfatidilación cuando se usa una phospholipase D adecuada y se aporta serina como aceptor de cabeza polar. A diferencia de una simple hidrólisis, esta reacción compite con el agua: si domina el agua, aumenta la formación de ácido fosfatídico; si el sistema favorece la transferencia al aceptor, aumenta la formación del fosfolípido deseado [6].



Figure 4. 화학적 탈검과 비교할 때, 효소적 포스포리파아제 처리는 오일 수율을 높이고 화학물질 사용량과 폐수 발생을 줄일 수 있습니다.

La investigación sobre producción extracelular de fosfatidilserina mediante presentación de phospholipase D en células completas muestra el interés industrial por mejorar accesibilidad, eficiencia y recuperación de producto. No obstante, esos sistemas son plataformas biotecnológicas específicas; no implican que cualquier preparación comercial de phospholipase produzca fosfatidilserina en cualquier condición. La clase enzimática, el sustrato y el diseño del proceso son determinantes [6].

Para empresas que trabajan con ingredientes lipídicos, la oportunidad está en convertir materias primas abundantes, como fracciones ricas en fosfatidilcolina, en fosfolípidos de mayor valor funcional. Enzymes.bio presenta su phospholipase para modificación de fosfolípidos y aplicaciones de procesamiento alimentario e industrial; la compra se realiza en línea en unidades de 1 kg, con documentación CoA y SDS suministrada junto con el pedido .

Aplicación 4: alimentos, emulsiones y procesamiento más limpio

Las fosfolipasas tienen interés en alimentos porque los fosfolípidos ya forman parte de muchas matrices: lecitina de soja o girasol, yema de huevo, sistemas lácteos, masas, emulsiones y mezclas con aceite y agua. La modificación enzimática permite ajustar propiedades de dispersión y emulsificación sin introducir una familia completamente nueva de aditivos, sino transformando fosfolípidos existentes o añadidos [4].

En panificación y productos de masa, las enzimas que modifican lípidos pueden influir en aireación, textura y estabilidad de emulsiones internas. Las aplicaciones específicas dependen de la formulación, pero el principio es coherente: una modificación controlada de fosfolípidos cambia cómo se organizan las fases grasa, acuosa y proteica. La literatura de la industria de cakes ha destacado el potencial de sistemas enzimáticos para desarrollar nuevos perfiles de producto [12].

En aceites y grasas, el interés ambiental se relaciona con reducir tratamientos agresivos, bajar generación de subproductos no deseados y mejorar rendimiento de material útil. La biocatálisis se considera una tecnología estratégica para procesos más selectivos, y las fosfolipasas encajan en esa lógica cuando reemplazan etapas químicas amplias por transformaciones moleculares dirigidas [3].

Variables de proceso que determinan el resultado

La primera variable es la **composición del sustrato**. Una lecitina rica en fosfatidilcolina no se comporta igual que una mezcla con alta proporción de fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol o fosfolípidos no hidratables. Del mismo modo, un aceite crudo con metales, gomas complejas o diferentes niveles de humedad puede exigir una estrategia distinta a una fracción fosfolipídica previamente concentrada [9].

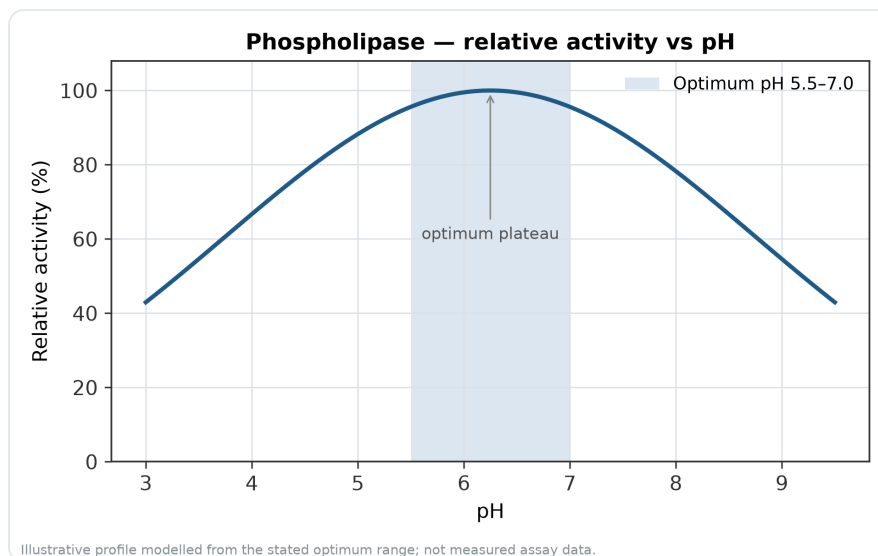


Figure 5. pH에 따른 포스포리파아제의 상대 활성으로, pH 5.5~7.0에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

La segunda variable es la **fase física**. Las fosfolipasas no trabajan sobre un sustrato uniformemente disuelto como muchas enzimas acuosas clásicas; actúan en interfaces, gotas y agregados. La eficiencia depende de que la enzima encuentre los fosfolípidos adecuados en una forma accesible, lo que conecta directamente con agitación, dispersión, presencia de agua, viscosidad y tamaño de gota [1].

La tercera variable es el equilibrio entre **hidrólisis y transferencia**. En PLA, la hidrólisis de enlaces acilo produce lisofosfolípidos y ácidos grasos; en PLC, la hidrólisis fosfodiéster produce diacilgliceroles; en PLD, el agua puede favorecer ácido fosfatídico, mientras que un aceptor orgánico puede dirigir la reacción hacia transfosfatidilación. Por ello, el objetivo de proceso debe definirse antes de interpretar cualquier conversión como “buena” o “mala” [6].

La cuarta variable es el entorno de actividad de la proteína. El pH y la temperatura influyen en la ionización de residuos catalíticos, la conformación de la enzima y la dinámica del sitio activo; estos factores pueden cambiar tanto la velocidad como la selectividad. Estudios recientes sobre actividad enzimática dependiente del pH muestran que la dinámica de la proteína participa directamente en el desempeño catalítico, no solo la estabilidad global [13].

La quinta variable es la compatibilidad con etapas posteriores. En desgomado, por ejemplo, la reacción enzimática debe integrarse con separación de gomas, lavado, secado, neutralización física o química y refinado posterior. En fosfolípidos funcionales, debe integrarse con purificación, eliminación de subproductos, control de solventes si aplica y especificaciones regulatorias de la categoría final [8].

Beneficios realistas para usuarios B2B

El primer beneficio es la **selectividad molecular**. Una phospholipase actúa sobre enlaces definidos dentro de fosfolípidos, lo que permite transformar una fracción concreta de la materia prima sin tratar toda la mezcla lipídica como si fuera homogénea. Esa selectividad es especialmente valiosa cuando el objetivo es preservar aceite neutro, modificar lecitina o generar una clase de fosfolípidos determinada [1].

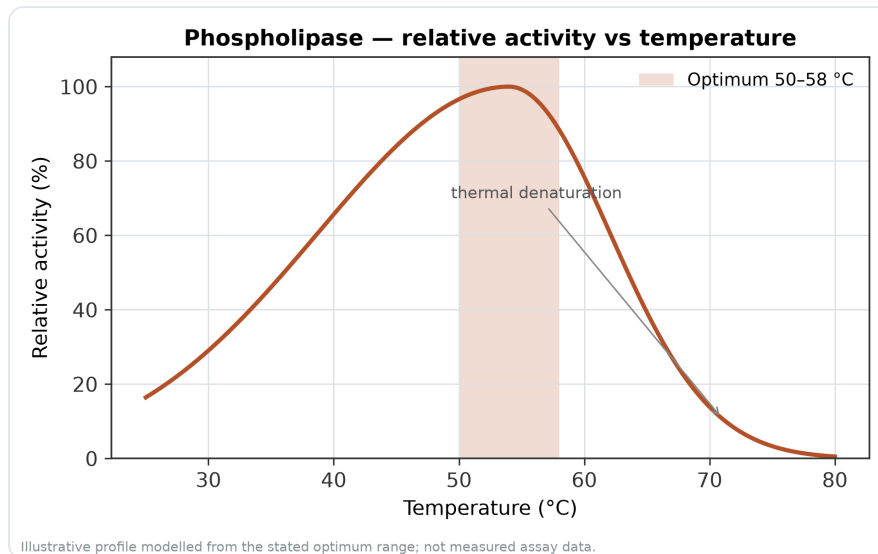


Figure 6. 온도에 따른 포스포리파아제의 상대 활성으로, 50~58°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

El segundo beneficio es la posibilidad de **mejorar rendimiento de proceso** en refinado. En PLC, la conversión de fosfolípidos a diacilgliceroles puede ayudar a conservar material oleoso en la fase de aceite, mientras que los grupos fosforilados se retiran con mayor facilidad. En PLA, la formación de lisofosfolípidos puede facilitar el manejo de gomas y modificar propiedades emulsionantes [8].

El tercer beneficio es la **valorización de materias primas**. Fracciones de lecitina o fosfolípidos crudos pueden convertirse en ingredientes con perfiles funcionales más específicos. En algunos desarrollos, phospholipase D permite rutas hacia fosfatidilserina; en otros, PLA1 o PLA2 generan lisofosfolípidos con comportamiento interfacial diferente [7].

El cuarto beneficio es la compatibilidad con una narrativa de procesamiento más limpio. La enzima no elimina automáticamente todas las operaciones auxiliares, pero puede reducir la necesidad de transformaciones químicas menos selectivas. Esto encaja con la tendencia general de la industria hacia biocatálisis, menor severidad de proceso y mejor aprovechamiento de materias primas [3].

Límites técnicos y expectativas correctas

La phospholipase no es una solución universal para cualquier grasa o aceite. Si el problema principal está en triacilglicéridos, una lipasa puede ser más pertinente; si el problema está en fosfolípidos, una fosfolipasa puede ser la herramienta adecuada. La clasificación “lipase and phospholipase” debe entenderse como familias relacionadas, pero no equivalentes [2].

Tampoco todas las fosfolipasas producen los mismos resultados. Una **phospholipase a2** no sustituye de forma directa a una **phospholipase c**, porque cortan enlaces distintos y generan productos distintos. En desgomado, esa diferencia puede determinar si se forman lisofosfolípidos o diacilgliceroles; en modificación de lecitina, puede cambiar la funcionalidad interfacial del ingrediente [4].

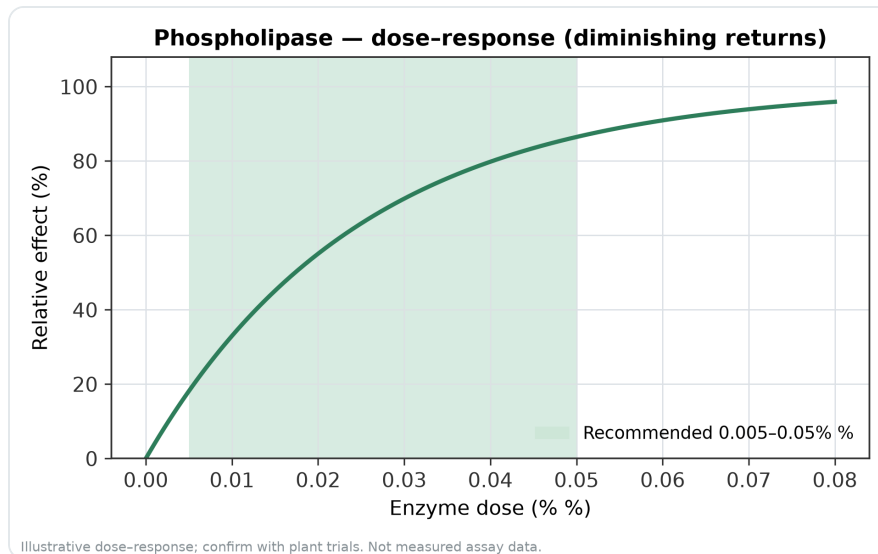


Figure 7. 권장 사용 범위(0.005~0.05%)에서 포스포리파아제의 용량-반응 관계를 예시한 그래프입니다.

Las referencias biomédicas sobre **soluble phospholipase a2**, inflamación, coagulación o señalización celular son útiles para entender la importancia biológica de estas enzimas, pero no respaldan claims médicos para un producto industrial. Por ejemplo, la phospholipase A2 secretora humana se ha estudiado en sistemas de coagulación y mecanismos independientes de fosfolípidos, lo que pertenece a un contexto fisiológico, no a una aplicación alimentaria o de refinado [5].

De forma similar, estudios sobre inhibición de phospholipase A2 pancreática por péptidos o sobre PLC-zeta en fertilización explican mecanismos biológicos específicos. Esos trabajos muestran la diversidad de la familia enzimática, pero no deben usarse para prometer beneficios terapéuticos, nutricionales o reproductivos asociados a una preparación industrial de phospholipase [14].

Seguridad, documentación y alcance del suministro

Las enzimas son proteínas funcionales y deben manipularse con prácticas industriales adecuadas para evitar exposición innecesaria, especialmente inhalación de polvo o contacto con ojos y mucosas. La SDS que acompaña al pedido es el documento operativo para revisar peligros, medidas de protección, almacenamiento y respuesta ante incidentes según la presentación suministrada .

El CoA permite revisar la información de lote entregada con el producto, mientras que la SDS cubre seguridad y manipulación. Enzymes.bio no se presenta como fabricante ni laboratorio, sino como proveedor que facilita la compra directa en línea en unidades de 1 kg; por ello, la validación de desempeño, compatibilidad regulatoria y ajuste de proceso corresponde al usuario en su aplicación específica .

Integración práctica en una línea de proceso

En desgomado de aceites, la phospholipase suele integrarse después de acondicionar el aceite crudo para que los fosfolípidos sean accesibles. La reacción debe coordinarse con la separación posterior de gomas o fases acuosas, porque la transformación enzimática solo aporta valor si los productos generados se retiran o retienen en la fase deseada. La literatura sobre desgomado enzimático enfatiza esta integración entre reacción y separación [9].

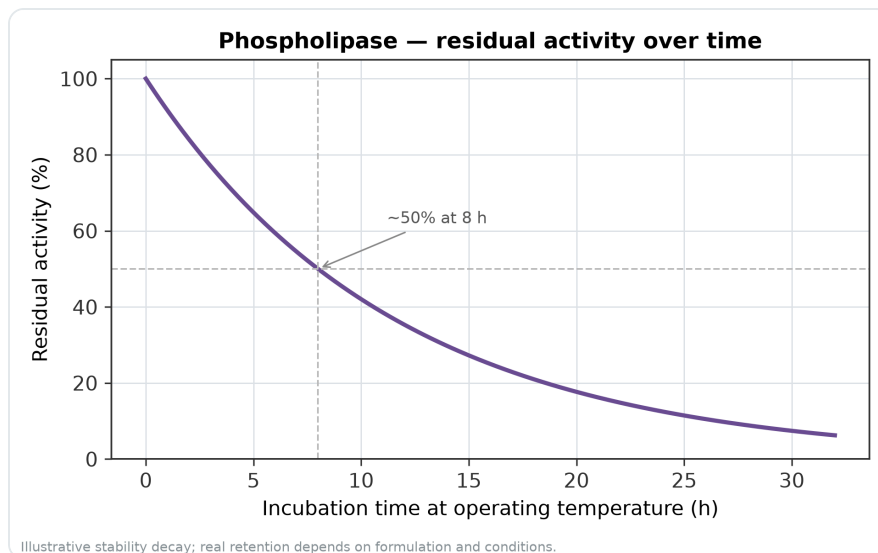


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 포스포리파아제의 열 안정성 저하를 예시한 그래프입니다.

En modificación de lecitina, el objetivo puede ser aumentar lisofosfolípidos, ajustar emulsificación o preparar una fracción para una reacción posterior. En este caso, el control de conversión es importante: una hidrólisis insuficiente puede no cambiar la funcionalidad, mientras que una conversión excesiva puede generar perfiles de sabor, acidez o polaridad no deseados. La optimización debe realizarse con la lecitina real, no con un modelo simplificado [7].

En producción de fosfolípidos funcionales, la ruta depende de la clase enzimática. Para fosfatidilserina, la estrategia más asociada en la literatura es phospholipase D con transfosfatidilación; para lisofosfolípidos, PLA1 o PLA2; para diacilgliceroles en aceite, PLC. Esta correspondencia entre clase enzimática y producto evita confundir “phospholipase” como si fuera una actividad única [6].

Conclusión técnica

La phospholipase es una herramienta industrial para transformar fosfolípidos con precisión: PLA1 y PLA2 producen lisofosfolípidos y ácidos grasos, phospholipase C genera diacilgliceroles y cabezas fosforiladas, y phospholipase D puede formar ácido fosfatídico o nuevos fosfolípidos mediante transferencia. Esa diversidad explica su uso en desgomado de aceites, modificación de lecitina, emulsiones nutricionales y producción de fosfolípidos funcionales ^[1].

Para compradores B2B, la expectativa correcta es ver la enzyme como un componente de proceso, no como una receta universal. Enzymes.bio ofrece phospholipase en unidades de 1 kg para compra directa en línea, con CoA y SDS incluidos con el pedido; la selección de condiciones, validación de rendimiento y cumplimiento de especificaciones finales deben realizarse dentro del proceso propio del usuario .

Pedir Phospholipase 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 →](#)

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. Cerminati, S., Paoletti, L., Aguirre, A., Peirú, S., Menzella, H. G., & Castelli, M. E. (2019). Industrial uses of phospholipases: current state and future applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 2571 - 2582.
2. Mussakhmetov, A., & Silayev, D. (2025). Esterases: Mechanisms of Action, Biological Functions, and Application Prospects. *Applied microbiology*.
3. Wells, A., & Meyer, H. (2014). Biocatalysis as a Strategic Green Technology for the Chemical Industry. *ChemCatChem*, 6.
4. Pei, X., Zheng, X., Zhang, C., Tan, F., Yang, X., Shao, H., Zhang, Z., ... et al. (2025). Recent Advances in Phospholipase C Applications in Food Industry: From Molecular Mechanisms to Green Processing Technologies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
5. Mounier, C., Franken, P. A., Verheij, H., & Bon, C. (1996). The anticoagulant effect of the human secretory phospholipase A2 on blood plasma and on a cell-free system is due to a phospholipid-independent mechanism of action involving the inhibition of factor Va. *European Journal of Biochemistry*, 237 3, 778-85 .

6. Sun, B., Li, Z., Peng, Y., Wang, F., Cheng, Y., Liu, Y., & Li-Ma (2024). Whole-Cell Display of Phospholipase D in Escherichia coli for High-Efficiency Extracellular Phosphatidylserine Production. *Biomolecules*, 14.
7. Hayakawa, Y., Nakayama, R., Namiki, N., & Imai, M. (2021). Promising Immobilization of Industrial-Class Phospholipase A1 to Attain High-Yield Phospholipids Hydrolysis and Repeated Use with Optimal Water Content in Water-in-Oil Microemulsion Phase. *Applied Sciences*.
8. Val, D. S., Marchisio, F., Nardo, L. D., Peirú, S., Aguirre, A., Abriata, L., Palacios, L. E., ... et al. (2023). Sustainable Refining of Vegetable Oil Made Easy with a Designer Phospholipase C Enzyme. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
9. Iltchenko, N., Beam, J., & Zha, Y. (2022). Applications and benefits of phospholipase A enzymes in seed oil processing. *Proceedings of 2022 AOCS Annual Meeting & Expo*.
10. Val, D. S., Nardo, L. D., Marchisio, F., Lacava, F., Aguirre, A., Peirú, S., Castelli, M. E., ... et al. (2025). Thermostable phospholipase C: A key to efficient and sustainable enzymatic oil degumming processes. *Journal of the American Oil Chemists Society*.
11. Chen, L., Gao, Y., He, M., Liu, Y., Teng, F., & Li, Y. (2024). Magnetic nanoparticles-immobilized phospholipase LM and phospholipase 3G: Preparation, characterization, and application on soybean crude oil degumming. *International Journal of Biological Macromolecules*, 279 Pt 3, 135368 .
12. Hille, J. (2007). Cakezyme: unlimited opportunities for new product development in the cake industry. *Alimentaria*, 91-92.
13. Wang, Z., Zhang, S., Xu, Q., Li, Z., Gu, X., Wood, K., Sakai, V. G., ... et al. (2024). Experimental Evidence for the Role of Dynamics in pH-Dependent Enzymatic Activity. *Journal of Physical Chemistry B*.
14. Facchiano, A., Cordella-Miele, E., Miele, L., & Mukherjee, A. (1991). Inhibition of pancreatic phospholipase A2 activity by uteroglobin and antinflammin peptides: possible mechanism of action. *Life Science*, 48 5, 453-64 .

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.