

Phospholipase per degommaggio oli, lecitina modificata ed emulsioni: meccanismi PLA1, PLA2, PLC e PLD

Team di ricerca Enzymes.bio · Wellington, Nuova Zelanda · June 20, 2026

Phospholipase indica una famiglia di enzimi che trasformano i fosfolipidi tagliando legami specifici della molecola, con effetti diversi a seconda della classe: phospholipase A1, phospholipase A2, phospholipase B, phospholipase C e phospholipase D. Nelle applicazioni industriali più rilevanti, queste reazioni servono a modificare lecitine, migliorare emulsioni, trattare matrici ricche di fosfolipidi e supportare il degommaggio enzimatico degli oli vegetali ^[1]. Enzymes.bio fornisce Phospholipase come prodotto acquistabile online in unità da **1 kg**; Enzymes.bio è un fornitore, non un produttore né un laboratorio, e CoA e SDS sono forniti insieme all'ordine.

Che cos'è una phospholipase e perché è importante nei processi lipidici

Le fosfolipasi sono enzimi che agiscono sui fosfolipidi, una classe di lipidi anfifilici costituiti da una porzione polare e da catene aciliche idrofobiche. Questa struttura consente ai fosfolipidi di localizzarsi alle interfacce acqua-olio, nelle membrane cellulari e in ingredienti tecnici come lecitine, tuorlo d'uovo, oli grezzi e frazioni lipidiche alimentari. Dal punto di vista industriale, la phospholipase è utile perché non si limita a "rompere grassi" in modo generico: modifica selettivamente molecole che influenzano emulsione, separazione di fase, idratibilità, viscosità e comportamento alla raffinazione ^[2].

La parola "phospholipase" non identifica un'unica attività uniforme. Le principali famiglie sono **phospholipase A1, phospholipase A2, phospholipase B, phospholipase C e phospholipase D**; ciascuna taglia un punto diverso del fosfolipide e genera prodotti di reazione diversi. Questa distinzione è essenziale in ambito B2B, perché un enzima orientato alla produzione di lisofosfolipidi non ha lo stesso effetto di una phospholipase c che genera diacilgliceroli, né di una phospholipase d usata per trasformazioni del gruppo di testa polare ^[3].

Nel food processing e nella tecnologia degli ingredienti, le fosfolipasi sono studiate soprattutto per la trasformazione di lecitine e fosfolipidi presenti negli oli vegetali. L'interesse industriale deriva dalla possibilità di ottenere funzionalità più mirate rispetto a una semplice aggiunta di emulsionanti: l'enzima

converte componenti già presenti nella matrice o in un ingrediente lipidico dedicato, modificandone il comportamento interfaciale e la separabilità ^[1].

Meccanismo d'azione: dove tagliano PLA1, PLA2, PLB, PLC e PLD

Un fosfolipide può essere descritto come una molecola basata su glicerolo, con due posizioni aciliche e un gruppo fosfato legato a una testa polare. Le differenze tra le fosfolipasi dipendono dal punto di attacco: **phospholipase a1** idrolizza la catena acilica in posizione sn-1, **phospholipase a2** agisce sulla posizione sn-2, **phospholipase b** può rimuovere catene aciliche da lisofosfolipidi o mostrare attività più ampia, **phospholipase c** scinde il legame che porta alla formazione di diacilglicerolo, mentre **phospholipase d** agisce sul legame tra fosfato e gruppo di testa, generando acido fosfatidico o prodotti di trans-fosfatidilazione in condizioni appropriate ^[2].

| Classe di fosfolipasi | Punto funzionale della reazione | Prodotti tipici della trasformazione | Rilevanza applicativa |
|-----------------------|---|--|--|
| Phospholipase A1 | Posizione acilica sn-1 | Lisofosfolipidi e acidi grassi liberi | Idrolisi mirata di fosfolipidi, lecitine modificate, processi in microemulsione ^[3] |
| Phospholipase A2 | Posizione acilica sn-2 | Lisofosfolipidi e acidi grassi liberi | Emulsioni, matrici ricche di lecitina, funzione biologica e infiammazione ^[4] |
| Phospholipase B | Attività su lisofosfolipidi e/o fosfolipidi | Glicerofosfoderivati e acidi grassi | Completamento dell'idrolisi lipidica in specifiche matrici |
| Phospholipase C | Legame fosfodiester verso glicerolo | Diacilglicerolo e gruppo fosforilato | Degommaggio, generazione di diacilgliceroli, applicazioni con PLC batteriche ^[5] |
| Phospholipase D | Legame tra fosfato e testa polare | Acido fosfatidico o fosfolipidi modificati | Produzione e conversione di fosfolipidi ad alto valore ^[2] |

Questa tabella chiarisce perché non è corretto parlare di un “effetto fosfolipasi” indistinto. La **phospholipase a2 function**, ad esempio, è associata alla liberazione di acidi grassi dalla posizione sn-2 e alla formazione di lisofosfolipidi; in biologia, questa attività è collegata anche al rilascio di precursori lipidici coinvolti in vie infiammatorie. La **phospholipase d function**, invece, è più legata al metabolismo dell'acido fosfatidico e alla trasformazione della testa polare dei fosfolipidi, aspetto che ha attirato interesse per applicazioni industriali su fosfolipidi strutturati ^[2].

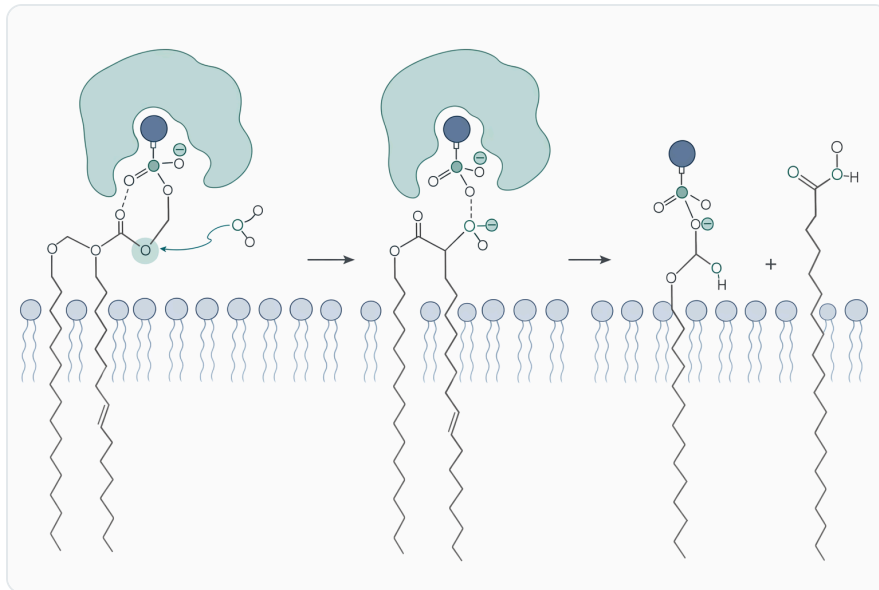


Figure 1. 포스포리파아제는 인지질의 에스터 결합을 가수분해하여 리소인지질과 유리 지방산을 생성함으로써 인지질 제거 또는 변형을 촉진한다.

Phospholipase C: meccanismo, struttura e ruolo nel degommaggio

La **phospholipase c** è particolarmente rilevante quando l'obiettivo è convertire fosfolipidi in diacilgliceroli e derivati fosforilati. In termini di **phospholipase c mechanism**, la PLC rompe il legame fosfodiester tra la porzione glicerolipidica e il gruppo fosfato, modificando il bilancio tra composti idrofili e lipofili della miscela. Negli oli grezzi, questa trasformazione può rendere i fosfolipidi meno problematici nella fase di raffinazione e contribuire al degommaggio enzimatico ^[1].

Nel degommaggio degli oli vegetali, i fosfolipidi sono spesso descritti come "gomme" perché interferiscono con la chiarificazione, la stabilità e alcune fasi successive della raffinazione. Studi recenti su phospholipase immobilizzate applicate a olio grezzo di soia mostrano l'interesse per sistemi enzimatici capaci di trattare fosfolipidi in modo più controllato, con l'obiettivo di migliorare separazione e processabilità rispetto a interventi puramente chimici ^[1].

La **phospholipase c structure** è importante perché la stabilità dell'enzima condiziona la sua compatibilità con processi industriali. Una ricerca del 2024 sulla stabilizzazione termica di una phospholipase C batterica Zn(II)-dipendente ha mostrato come il design di sequenza possa essere studiato per migliorare robustezza e prestazioni della PLC. Questo dato non implica automaticamente che ogni phospholipase c sia stabile nello stesso modo, ma conferma che struttura, cofattori metallici e architettura proteica sono elementi centrali per l'uso tecnico dell'enzima ^[5].

Nel linguaggio biologico, la **phospholipase c pathway** è nota anche per la generazione di secondi messaggeri. Le **phospholipase c pathway steps** classiche comprendono attivazione della PLC, idrolisi di fosfoinositidi di membrana, formazione di diacilglicerolo e generazione di segnali che coinvolgono calcio intracellulare. Termini come **phospholipase c beta**, **phospholipase c activation**, **phospholipase c calcium** e **phospholipase c second messenger** appartengono soprattutto alla biochimica cellulare, ma aiutano a comprendere perché la PLC sia considerata un enzima di elevata specificità funzionale [6].

Questa distinzione tra uso industriale e via di segnalazione cellulare è importante. In un processo alimentare o ingredientistico, l'interesse non è attivare una cascata biologica, ma sfruttare la capacità catalitica della PLC sui fosfolipidi presenti nella materia prima. Per questo, l'espressione **phospholipase c function** deve essere interpretata in base al contesto: segnalazione intracellulare nei sistemi biologici, trasformazione lipidica selettiva nei processi industriali [5].

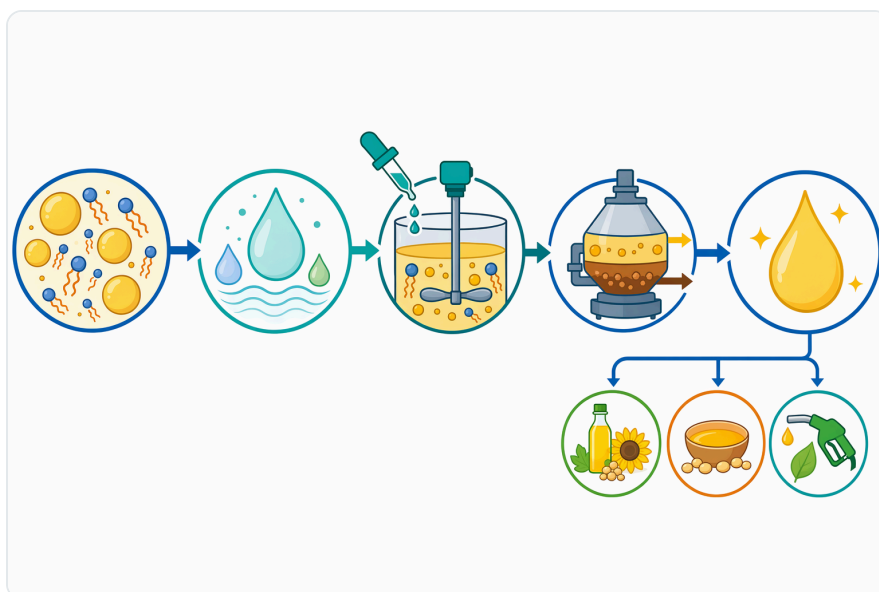


Figure 2. 산업용 포스포리파아제 공정은 효소적 오일 탈검 과정에서 수화성 및 비수화성 인지질을 분리 가능한 생성물로 전환하는 데 흔히 사용된다.

Phospholipase A2: funzione, lisofosfolipidi e collegamento con l'infiammazione

La **phospholipase a2** agisce sulla posizione sn-2 dei fosfolipidi e genera lisofosfolipidi più acidi grassi liberi. Nei sistemi alimentari, questa trasformazione è interessante perché i lisofosfolipidi hanno una geometria molecolare diversa dai fosfolipidi nativi e possono modificare la stabilità delle interfacce olio-acqua. Nelle matrici ricche di lecitina, questo è il razionale alla base della produzione di lecitine modificate e ingredienti con comportamento emulsionante differente [3].

In biologia, la **phospholipase a2 function** è studiata anche perché può liberare acidi grassi polinsaturi che alimentano vie di biosintesi dei prostanoidei. La letteratura sui prostanoidei descrive la connessione tra disponibilità di precursori lipidici, biosintesi e meccanismi d'azione di mediatori come prostaglandine e trombossani; per questo la PLA2 viene frequentemente discussa nel contesto di infiammazione, segnalazione lipidica e farmacologia ^[7].

Il tema **phospholipase a2 inflammation** è sostenuto da revisioni su inibitori delle fosfolipasi A2 secretorie e sulle loro possibili applicazioni nella progettazione di terapie antinfiammatorie. Una review dedicata al periodo 2012-2018 evidenzia l'interesse verso gli inibitori di secretory PLA2 come bersagli in nuovi approcci anti-infiammatori, confermando che la funzione della PLA2 non è solo tecnologica, ma anche biologicamente rilevante ^[4].

Anche alcune tossine animali contengono fosfolipasi A2, e le review su veleni di serpente e veleno d'ape discutono PLA2 come componenti bioattive con rilevanza farmacologica, immunologica e tossicologica. Queste fonti non devono essere confuse con l'uso industriale di una phospholipase in una formulazione B2B, ma mostrano quanto la stessa classe enzimatica possa avere ruoli diversi a seconda dell'origine, della struttura e del contesto d'impiego ^[8].

Phospholipase D e produzione di fosfolipidi specializzati

La **phospholipase d function** è diversa da quella di PLA e PLC perché interviene sul gruppo di testa polare del fosfolipide. In condizioni appropriate, la PLD può catalizzare reazioni utili per ottenere fosfolipidi modificati, inclusi prodotti con teste polari diverse. Una review del 2021 dedicata al know-how sui fosfolipidi e allo sfruttamento della phospholipase D sottolinea il potenziale della PLD per una disseminazione industriale più ampia, soprattutto nella produzione e valorizzazione di fosfolipidi ^[2].

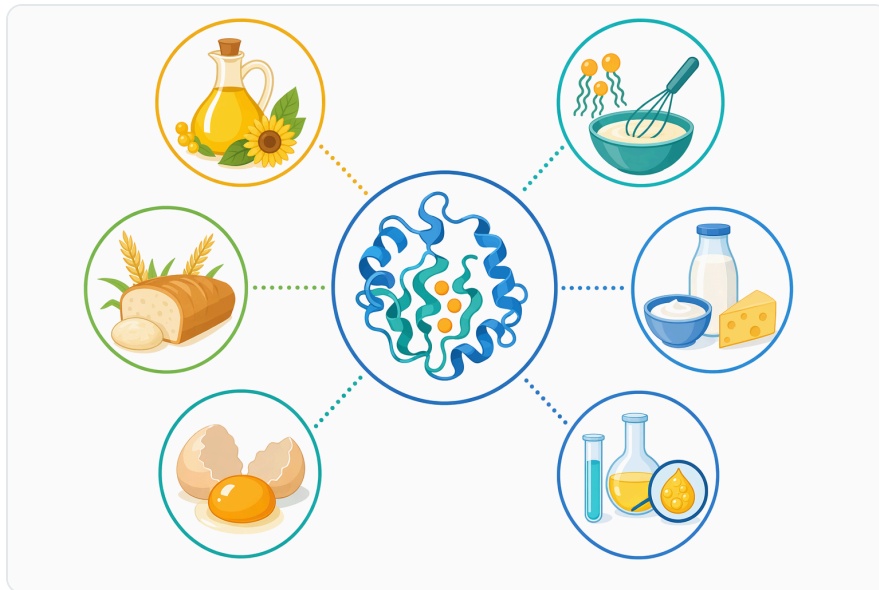


Figure 3. 포스포리파아제는 식용유 정제, 레시틴 고도화, 제빵, 유제품, 난가공, 지질 변형 등 다양한 분야에 사용된다.

Dal punto di vista formulativo, la PLD è interessante quando non basta aumentare o ridurre l'idrolisi, ma si vuole modificare la natura del gruppo polare che determina interazioni con acqua, proteine, sali, superfici e altre fasi disperse. Questo approccio è più specializzato rispetto alla semplice formazione di lisofosfolipidi e richiede una chiara corrispondenza tra substrato, obiettivo funzionale e processo ^[2].

Applicazione 1: degommaggio enzimatico degli oli vegetali

Il degommaggio enzimatico è una delle applicazioni più concrete delle fosfolipasi. Gli oli vegetali grezzi contengono fosfolipidi idratibili e non idratibili che possono ostacolare raffinazione, filtrazione, stabilità e qualità finale. L'uso di phospholipase permette di convertire questi fosfolipidi in molecole più facili da separare o meno interferenti con le fasi successive del processo ^[1].

Nel caso degli oli di soia, la letteratura recente descrive l'impiego di phospholipase immobilizzate per il degommaggio dell'olio grezzo. L'immobilizzazione è studiata perché può facilitare recupero, riutilizzo e stabilità operativa del biocatalizzatore; il punto industriale principale, tuttavia, resta la conversione controllata dei fosfolipidi in composti con comportamento fisico-chimico diverso ^[1].

La PLC è spesso discussa in questo contesto perché può produrre diacilgliceroli dalla componente fosfolipidica. A differenza di trattamenti che rimuovono semplicemente le gomme, la reazione enzimatica cambia la composizione lipidica e può integrarsi in strategie di raffinazione più selettive. L'effetto finale dipende dal tipo di olio, dal contenuto e dalla natura dei fosfolipidi, dalla dispersione e dalla compatibilità dell'enzima con le condizioni operative ^[5].

Applicazione 2: lecitina modificata e miglioramento delle emulsioni

La lecitina è un ingrediente ricco di fosfolipidi utilizzato per stabilizzare emulsioni, disperdere grassi e migliorare la lavorabilità di sistemi complessi. Tuttavia, la lecitina nativa non sempre offre il profilo desiderato in termini di viscosità, stabilità termica o resistenza alla separazione. La trasformazione enzimatica con phospholipase consente di modificare il rapporto tra fosfolipidi e lisofosfolipidi, cambiando le proprietà interfaciali dell'ingrediente ^[3].



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

La formazione di lisofosfolipidi da parte di PLA1 o PLA2 può aumentare la capacità di orientarsi alle interfacce e contribuire alla stabilizzazione di gocce lipidiche in fase acquosa. Questo meccanismo è rilevante in salse, dressing, prodotti da forno, bevande complesse, preparazioni con tuorlo e sistemi lattiero-caseari, dove piccole variazioni nella struttura dell'emulsionante possono influenzare separazione, cremosità e consistenza ^[3].

È importante interpretare questo beneficio in modo realistico: la phospholipase non sostituisce automaticamente la progettazione formulativa. Proteine, sali, zuccheri, pH, forza ionica, rapporto acqua-olio e trattamenti termici influenzano il comportamento dell'emulsione. L'enzima offre uno strumento di modifica lipidica selettiva, ma il risultato pratico nasce dall'interazione tra fosfolipidi trasformati e matrice completa ^[1].

Applicazione 3: tuorlo d'uovo, salse e sistemi ricchi di fosfolipidi

Il tuorlo d'uovo è naturalmente ricco di lipidi, lipoproteine e fosfolipidi, quindi rappresenta una matrice adatta alla modifica enzimatica. In prodotti come maionese, salse e dressing, i fosfolipidi del tuorlo contribuiscono alla stabilità dell'emulsione; convertirne una quota in lisofosfolipidi può cambiare il comportamento interfaciale e supportare una migliore tenuta del sistema durante lavorazione e conservazione [3].

Il rationale tecnico è simile a quello della lecitina modificata: la phospholipase agisce su molecole già presenti, creando specie lipidiche con proprietà differenti. In una salsa, questo può tradursi in una diversa distribuzione delle gocce di olio, in una maggiore resistenza alla coalescenza o in una texture più stabile, ma l'entità dell'effetto dipende dalla formulazione complessiva e dal trattamento applicato [1].

Applicazione 4: fosfolipidi funzionali e ingredienti lipidici specializzati

Oltre al degommaggio e alle emulsioni, le fosfolipasi sono rilevanti per la produzione di ingredienti lipidici più specializzati. La phospholipase A1 immobilizzata, ad esempio, è stata studiata per ottenere idrolisi ad alta resa di fosfolipidi e uso ripetuto in fase di microemulsione acqua-in-olio, evidenziando l'interesse verso processi enzimatici capaci di combinare selettività e riutilizzo del biocatalizzatore [3].

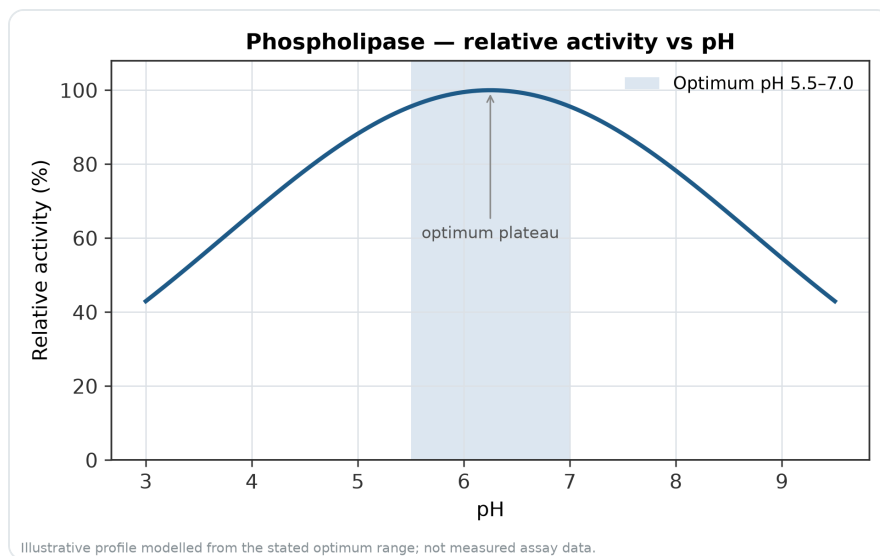


Figure 5. pH에 따른 포스포리파아제의 상대 활성으로, pH 5.5~7.0에서 최적 활성 구간이 나타난다.

La phospholipase D, invece, è studiata per l'accesso a fosfolipidi modificati mediante trasformazioni del gruppo di testa. Questo è rilevante per ingredienti ad alto valore, sistemi lipidici tecnici e formulazioni in cui non conta solo la capacità emulsionante generale, ma anche l'identità chimica del fosfolipide ottenuto ^[2].

Queste applicazioni richiedono una lettura precisa della classe enzimatica. Un processo orientato a lisofosfolipidi, uno orientato a diacilgliceroli e uno orientato a fosfolipidi con testa polare modificata non sono equivalenti. Per questo, nei documenti tecnici la parola "phospholipase" dovrebbe sempre essere collegata al tipo di reazione desiderata e alla matrice lipidica da trasformare ^[5].

Phospholipase c inhibitor e inibitori PLA2: perché compagno nelle ricerche, ma non definiscono l'uso industriale

Termini come **phospholipase c inhibitor** o inibitori di PLA2 compaiono spesso nelle ricerche perché le fosfolipasi sono anche bersagli biologici. Nella farmacologia dell'infiammazione, gli inibitori delle fosfolipasi A2 secretorie sono stati studiati come possibili strumenti per modulare la produzione di mediatori lipidici. Questo filone riguarda la regolazione di vie biologiche, non l'uso di Phospholipase come enzima di processo in alimenti o ingredienti ^[4].

La stessa cautela vale per ricerche su PLA2 in tumori, veleni o segnalazione cellulare. Uno studio del 2021 ha collegato phospholipase A2, annexin A1 e aggressività tumorale, mentre review su veleni animali descrivono fosfolipasi come componenti bioattive di miscele tossiche. Sono informazioni scientificamente rilevanti per comprendere la potenza biologica della classe enzimatica, ma non vanno trasferite in modo improprio alle applicazioni industriali di modifica dei fosfolipidi ^[9].

In sintesi, quando l'obiettivo è acquistare e usare Phospholipase in un contesto B2B, le domande centrali non riguardano l'inibizione farmacologica, ma la funzione tecnologica: quale fosfolipide è presente, quale legame deve essere idrolizzato, quale prodotto di reazione è desiderato e quale comportamento della matrice si vuole ottenere ^[2].

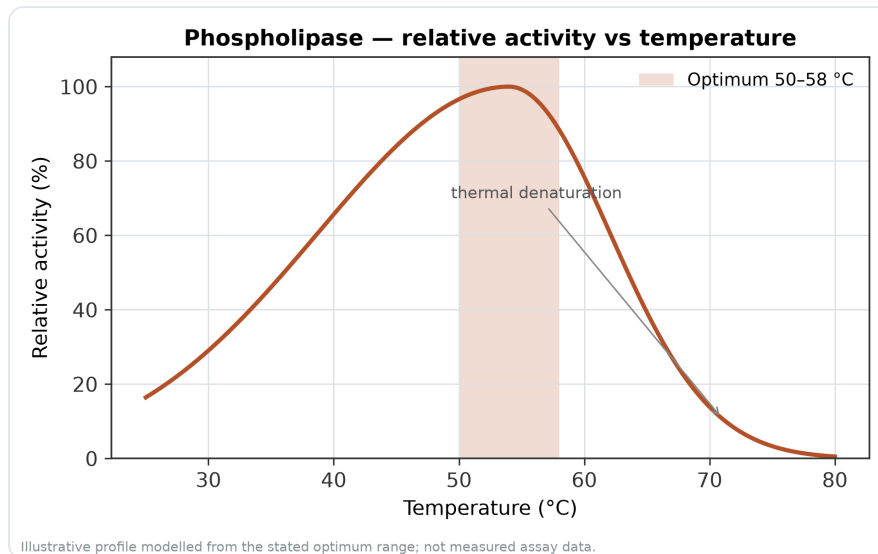


Figure 6. 온도에 따른 포스포리파아제의 상대 활성으로, 50~58°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도를 넘어서면 열변성으로 인해 활성이 특징적으로 감소한다.

Benefici tecnici attesi e limiti applicativi

Il primo beneficio tecnico è la **selettività**. Le fosfolipasi possono intervenire su posizioni specifiche della molecola fosfolipidica, generando lisofosfolipidi, diacilgliceroli, acido fosfatidico o altri derivati. Questa selettività consente di progettare trasformazioni più mirate rispetto a trattamenti chimici meno specifici, soprattutto in matrici dove i fosfolipidi determinano stabilità e processabilità ^[5].

Il secondo beneficio è la **funzionalizzazione di ingredienti lipidici esistenti**. Invece di introdurre sempre nuovi additivi, un processo enzimatico può modificare lecitine, frazioni lipidiche o fosfolipidi già presenti nella materia prima. Questo approccio è coerente con l'interesse industriale verso biocatalizzatori applicati a oli vegetali, fosfolipidi e sistemi complessi ^[1].

Il terzo beneficio è la **gestione delle interfacce**. Nei sistemi acqua-olio, i fosfolipidi e i loro derivati influenzano dimensione delle gocce, coalescenza, viscosità e stabilità. La conversione in lisofosfolipidi o altri derivati può migliorare la capacità di stabilizzare emulsioni, ma solo se la matrice contiene substrato disponibile e se il processo consente contatto sufficiente tra enzima e fosfolipide ^[3].

Il limite principale è che Phospholipase non è un emulsionante universale né una soluzione automatica per ogni instabilità. Se il problema deriva da proteine denaturate, sali, particelle insolubili, incompatibilità idrocolloidale o ossidazione lipidica, la sola modifica dei fosfolipidi potrebbe non essere sufficiente. L'efficacia deve essere letta in rapporto alla chimica della matrice e all'obiettivo di processo ^[1].

Un secondo limite riguarda la variabilità tra classi. PLA1, PLA2, PLC e PLD generano prodotti diversi e possono richiedere condizioni operative diverse. La scelta impropria della classe enzimatica può produrre una modifica lipidica corretta dal punto di vista chimico, ma non utile dal punto di vista formulativo [2].

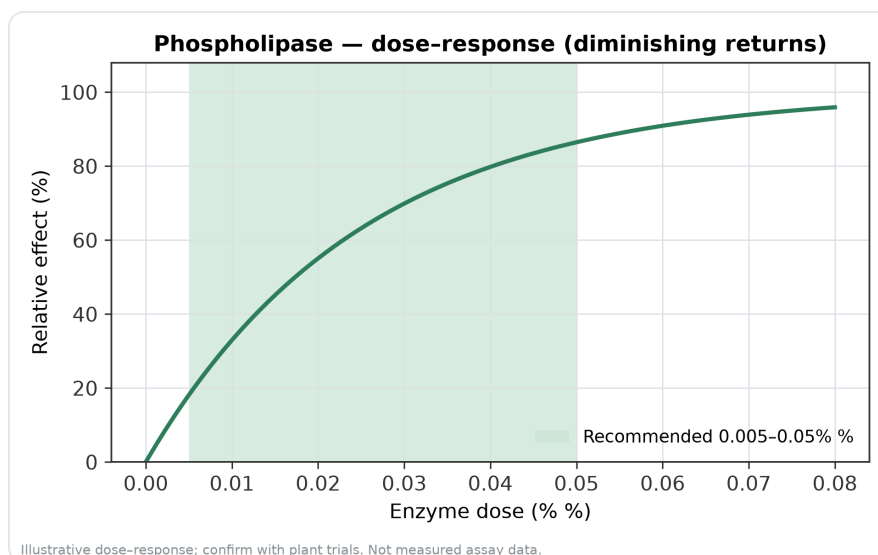


Figure 7. 권장 사용 범위(0.005~0.05%)에서 포스포리파아제의 예시적 용량-반응 관계.

Considerazioni d'uso per applicazioni professionali

Per un impiego professionale, Phospholipase deve essere considerata un biocatalizzatore per substrati fosfolipidici. La presenza di lecitina, fosfolipidi d'olio, tuorlo, lipoproteine o frazioni lipidiche compatibili è quindi il presupposto tecnico dell'applicazione. Senza substrato accessibile, l'enzima non può generare i prodotti funzionali che giustificano il suo impiego [3].

La progettazione del processo deve inoltre tenere conto della dispersione tra fase acquosa, fase lipidica e substrato. Nei sistemi industriali, i fosfolipidi possono trovarsi in micelle, membrane, gomme, gocce d'olio o complessi proteico-lipidici; la loro accessibilità influenza la velocità e l'estensione della trasformazione. Le ricerche su immobilizzazione e stabilizzazione enzimatica mostrano che supporto, microambiente e robustezza della proteina sono temi centrali per applicazioni riproducibili [4].

Per Enzymes.bio, Phospholipase è disponibile online in unità da **1 kg**. Enzymes.bio opera come fornitore e non come produttore né laboratorio; il certificato di analisi e la scheda di dati di sicurezza sono forniti insieme all'ordine, così che l'utilizzatore professionale possa integrare il prodotto nelle proprie procedure documentate .

Posizionamento tecnico del prodotto Enzymes.bio

Il Phospholipase fornito da Enzymes.bio è rivolto a utilizzatori professionali che lavorano con matrici lipidiche, ingredienti funzionali, oli, lecitine o sistemi emulsionati. Il valore del prodotto non risiede in una promessa generica, ma nel razionale biochimico della famiglia enzimatica: tagliare legami specifici nei fosfolipidi per ottenere molecole con comportamento fisico-chimico diverso [2].

In un contesto industriale, le applicazioni più pertinenti includono degommaggio di oli vegetali, modifica di lecitina, generazione di lisofosfolipidi, trattamento di matrici ricche di tuorlo e sviluppo di ingredienti lipidici specializzati. La letteratura recente supporta in particolare l'interesse per phospholipase immobilizzate nel degommaggio, per phospholipase A1 in idrolisi di fosfolipidi e per phospholipase D nella valorizzazione di fosfolipidi [1].

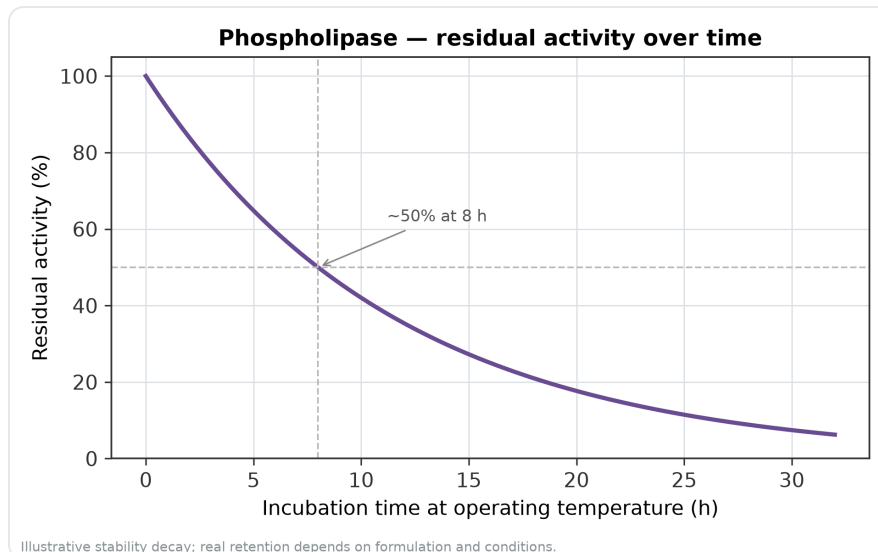


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 포스포리파아제의 예시적 열안정성 감쇠.

La corretta interpretazione tecnica richiede di distinguere tra le diverse classi: **phospholipase a1** e **phospholipase a2** sono associate alla rimozione di catene aciliche e alla formazione di lisofosfolipidi; **phospholipase c** è legata a diacilgliceroli e vie di segnalazione nella biologia cellulare; **phospholipase d** è collegata alla trasformazione del gruppo di testa polare. Questa distinzione aiuta a collegare l'enzima all'applicazione senza confondere meccanismi biologici, farmacologici e industriali [5].

Conclusione

Phospholipase è una famiglia enzimatica strategica per applicazioni in cui i fosfolipidi determinano stabilità, separabilità, emulsione o valore funzionale dell'ingrediente. PLA1, PLA2, PLB, PLC e PLD non sono intercambiabili: ciascuna classe modifica un punto diverso della molecola e produce effetti differenti su lecitine, oli grezzi, tuorlo, emulsioni e fosfolipidi specializzati ^[2].

Le evidenze più direttamente applicabili riguardano il degommaggio enzimatico degli oli vegetali, l'idrolisi controllata dei fosfolipidi, la produzione di lisofosfolipidi e lo sviluppo di processi con enzimi immobilizzati o più stabili. In parallelo, la letteratura biologica su phospholipase a2 inflammation, phospholipase c pathway e inibitori delle fosfolipasi mostra l'importanza scientifica della classe, ma va distinta dall'uso industriale come biocatalizzatore ^[4].

Per gli utilizzatori professionali, il punto chiave è collegare il tipo di phospholipase al substrato e al risultato tecnologico atteso. Enzymes.bio fornisce Phospholipase online in unità da 1 kg, con CoA e SDS insieme all'ordine, mantenendo un ruolo di fornitore e non di produttore o laboratorio .

Ordina Phospholipase online

Venduto in unità da 1 kg, disponibile a magazzino e pronto per la spedizione. Ordina direttamente dal nostro store: paga online e noi elaboriamo il tuo ordine. Un Certificato di Analisi e una Scheda Dati di Sicurezza sono inclusi in ogni ordine.

[Acquista Phospholipase →](#)

Riferimenti

Numerati in ordine di prima citazione. Fonti open access, ciascuna verificata come raggiungibile al momento della pubblicazione; i numeri di citazione nel testo rimandano qui.

1. 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 .
2. Zhang, P., Gong, J., Qin, J., Li, H., Hou, H., Xiao-Zhang, Xu, Z., ... et al. (2021). Phospholipids (PLs) know-how: exploring and exploiting phospholipase D for its industrial dissemination. *Critical Reviews in Biotechnology*, 41, 1257 - 1278.
3. 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*.

4. Sales, T. A., Marcussi, S., & Ramalho, T. C. (2019). Current anti-inflammatory therapies and the potential of secretory Phospholipase A2 inhibitors in the design of new anti-inflammatory drugs: a review of 2012 - 2018. *Current Medicinal Chemistry*.
5. Val, D. S., Nardo, L. D., Marchisio, F., Peirú, S., Castelli, M. E., Abriata, L., Menzella, H. G., ... et al. (2024). Thermal Stabilization of a Bacterial Zn(II)-Dependent Phospholipase C through Consensus Sequence Design. *Biochemistry*.
6. Rapoport, S., Basselin, M., Hyung-Kim, & Rao, J. (2009). Bipolar disorder and mechanisms of action of mood stabilizers. *Brain Research Reviews*, 61 2, 185-209 .
7. Smith, W. (1992). Prostanoid biosynthesis and mechanisms of action. *American Journal of Physiology*, 263 2 Pt 2, F181-91 .
8. Gasanov, S., Dagda, R., & Rael, E. (2014). Snake Venom Cytotoxins, Phospholipase A2s, and Zn²⁺-dependent Metalloproteinases: Mechanisms of Action and Pharmacological Relevance. *Journal of Clinical Toxicology*, 4.
9. Vecchi, L., Araújo, T., Azevedo, F. V. P., Mota, S., Ávila, V., Ribeiro, M. A., & Goulart, L. (2021). Phospholipase A2 Drives Tumorigenesis and Cancer Aggressiveness through Its Interaction with Annexin A1. *Cells*, 10.

Contatta Enzymes.bio

Hai domande su un ordine? Il nostro team è lieto di aiutarti.


EMAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFONO (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Contattaci →](#)

 **400+** Clienti B2B

 **60+** partner di ricerca universitari

 **54** serviti in tutto il mondo

© 2026 Enzymes.bio · Fornitura di enzimi industriali e per la lavorazione alimentare · Non destinato al consumo umano né alla vendita al dettaglio.