

# Fosfolipaza (Phospholipase) do odśluzowywania olejów i kontrolowanej modyfikacji fosfolipidów

Zespół badawczy Enzymes.bio · Wellington, Nowa Zelandia · June 19, 2026

**Fosfolipaza (Phospholipase)** to grupa enzymów hydrolizujących fosfolipidy, czyli amfifilowe lipidy obecne m.in. w błonach biologicznych, lecytynach i surowych olejach roślinnych. W zastosowaniach B2B największe znaczenie ma selektywność: fosfolipase A1, phospholipase A2, phospholipase B, phospholipase C i phospholipase D przecinają różne wiązania, dlatego mogą prowadzić do różnych efektów technologicznych, takich jak odśluzowywanie olejów, zmiana właściwości emulgujących lub modyfikacja frakcji fosfolipidowej <sup>[1]</sup>.

Enzymes.bio dostarcza **Phospholipase** jako produkt enzymatyczny dostępny online w jednostkach 1 kg. Firma działa jako dostawca, a nie producent ani laboratorium badawcze; dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem .

## Czym jest fosfolipaza i dlaczego ma znaczenie w procesach lipidowych?

Fosfolipazy są enzymami działającymi na fosfolipidy — cząsteczki zbudowane z części hydrofobowej, zwykle reszt kwasów tłuszczowych, oraz części polarnej zawierającej grupę fosforanową. Taka budowa sprawia, że fosfolipidy gromadzą się na granicy faz olej-woda, tworzą struktury błonowe i stabilizują lub destabilizują emulsje w zależności od składu mieszaniny oraz warunków procesu <sup>[2]</sup>.

Z perspektywy przemysłowej fosfolipid nie jest tylko „zanieczyszczeniem” ani tylko składnikiem funkcjonalnym. W surowych olejach roślinnych frakcje fosfolipidowe mogą utrudniać rafinację, powodować mętność, zwiększać straty neutralnego oleju i komplikować separację faz. W innych zastosowaniach — zwłaszcza w lecytynach, układach emulsyjnych i mieszaninach lipidowych — ta sama chemia fosfolipidów może być wykorzystywana do uzyskania pożądanej funkcjonalności.

Słowo **phospholipase** nie oznacza jednego, uniwersalnego enzymu o zawsze takim samym działaniu. Jest to nazwa rodziny enzymów klasyfikowanych według miejsca cięcia w cząsteczce fosfolipidu: phospholipase A1 działa na wiązanie estrowe przy pierwszej reszcie acylowej, phospholipase A2 na

wiązanie przy drugiej reszcie acylowej, phospholipase C rozcina wiązanie prowadzące do powstania diacyloglicerolu, a phospholipase D prowadzi do powstawania kwasu fosfatydowego [1].

Ta selektywność wyjaśnia, dlaczego fosfolipaza jest użyteczna jako narzędzie procesowe. Zamiast traktować całą mieszaninę tłuszczową agresywnymi warunkami chemicznymi, enzym może modyfikować określony element struktury fosfolipidu. Efektem nie musi być pełna degradacja frakcji lipidowej, lecz kontrolowana zmiana jej właściwości: rozpuszczalności, powinowactwa do fazy wodnej, zachowania na granicy faz albo podatności na oddzielenie.

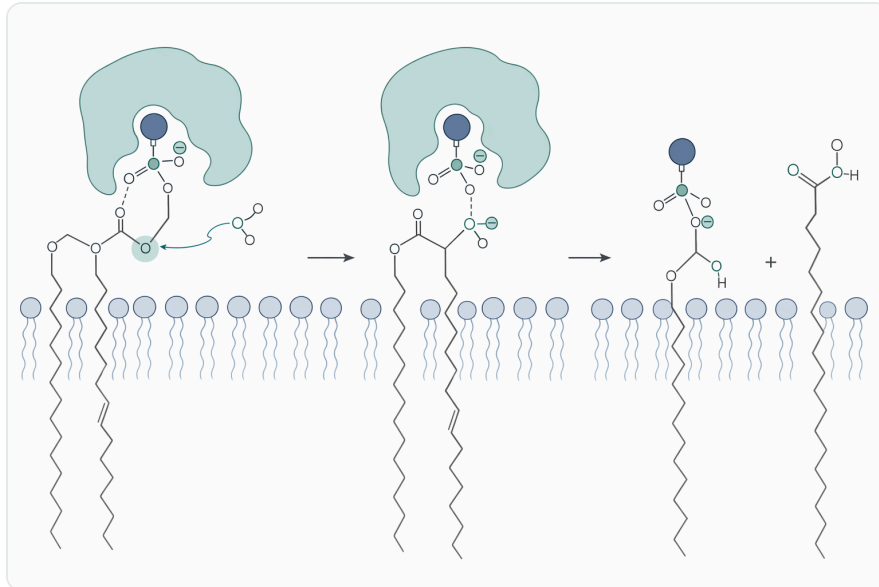


Figure 1. 포스포리파아제는 인지질의 에스터 결합을 가수분해하여 리소인지질과 유리 지방산을 생성함으로써 인지질의 제거 또는 변형을 개선한다.

## Jak działają główne typy fosfolipaz?

Mechanizm działania fosfolipaz najlepiej zrozumieć przez porównanie miejsc cięcia. Glicerofosfolipid można opisać jako szkielet glicerolowy z dwiema resztami kwasów tłuszczowych oraz grupą fosforanową połączoną z polarną „głową”. Różne fosfolipazy rozpoznają różne wiązania w tej strukturze, dlatego ich produkty reakcji mają odmienne znaczenie biologiczne i technologiczne [2].

Typ enzymu	Główne miejsce działania w fosfolipidzie	Typowe produkty reakcji	Znaczenie technologiczne lub biologiczne
<b>Phospholipase A1 / fosfolipaza A1</b>	Wiązanie estrowe przy pozycji sn-1	Lizofosfolipid i kwas tłuszczowy	Odśluzowywanie olejów, zmiana właściwości fosfolipidów
<b>Phospholipase A2 / fosfolipaza A2</b>	Wiązanie estrowe przy pozycji sn-2	Lizofosfolipid i kwas tłuszczowy	Remodelowanie fosfolipidów, uwalnianie kwasów tłuszczowych,

Typ enzymu	Główne miejsce działania w fosfolipidzie	Typowe produkty reakcji	Znaczenie technologiczne lub biologiczne
			zmiana amfifilowości
<b>Phospholipase B / fosfolipaza B</b>	Może działać na obie reszty acylowe	Produkty dalszej deacylacji fosfolipidów	Szersza hydroliza reszt kwasów tłuszczowych
<b>Phospholipase C / fosfolipaza C</b>	Wiązanie fosfodiesterowe po stronie glicerolu	Diacyloglicerol i fosforylowana grupa polarna	Sygnalizacja komórkowa; w technologii — inny profil produktów niż PLA
<b>Phospholipase D / fosfolipaza D</b>	Wiązanie fosfodiesterowe po stronie grupy polarnej	Kwas fosfatydowy i alkohol/grupa polarna	Modyfikacja głowy polarnej, tworzenie kwasu fosfatydowego

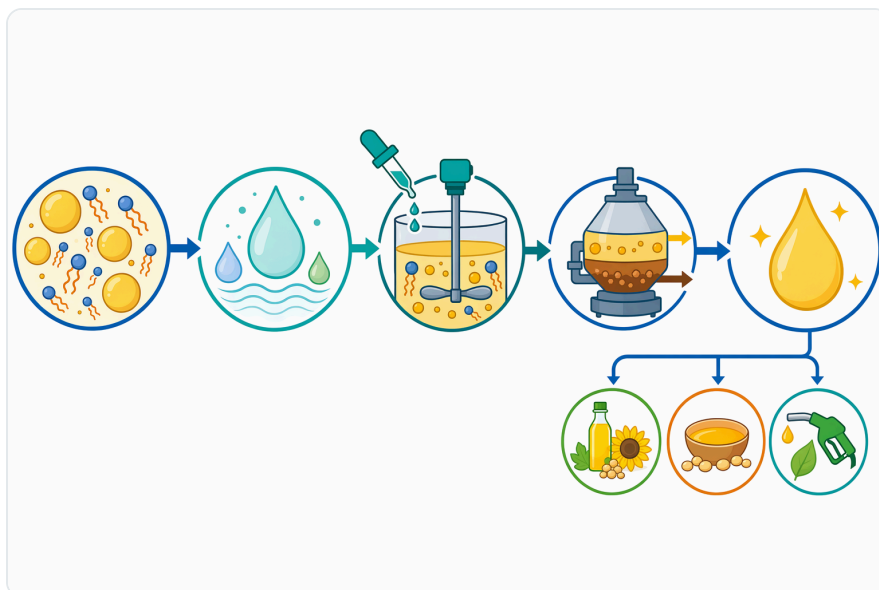
W praktyce użytkownik procesowy nie wybiera „fosfolipazy” abstrakcyjnie, lecz dopasowuje typ aktywności do celu. Jeśli zadaniem jest przekształcenie fosfolipidów w formy łatwiej usuwalne z oleju, szczególnie istotne są enzymy z grupy phospholipase A, zwłaszcza phospholipase A1 w procesach odśluzowywania. Jeśli przedmiotem zainteresowania jest sygnalizacja komórkowa lub modelowanie reakcji w układach biologicznych, częściej pojawiają się terminy phospholipase C, phospholipase C pathway i phospholipase C IP3 DAG pathway.

## Fosfolipaza A1 i A2: hydroliza reszt acylowych i praktyka odśluzowywania

**Phospholipase A1 i phospholipase A2** należą do grupy enzymów, które odcinają reszty kwasów tłuszczowych od glicerofosfolipidów. Różnica między nimi polega na regioselektywności: PLA1 działa przy pozycji sn-1, natomiast PLA2 przy pozycji sn-2. W obu przypadkach powstający lizofosfolipid ma inną równowagę hydrofilowo-hydrofobową niż fosfolipid wyjściowy, co może zmieniać jego zachowanie na granicy faz <sup>[1]</sup>.

W odśluzowywaniu olejów roślinnych istotne jest to, że fosfolipidy obecne w surowym oleju nie zawsze dają się łatwo usunąć klasycznym uwodnieniem. Część fosfolipidów występuje w formach trudniej hydratowalnych lub związanych z innymi składnikami matrycy. Enzymatyczna modyfikacja fosfolipidów może zwiększać ich podatność na przejście do fazy wodnej lub frakcji usuwanej podczas separacji, co wspiera uzyskanie oleju przygotowanego do dalszej rafinacji.

W materiale dotyczącym oceny EFSA opisano zastosowanie fosfolipazy A1 i lizofosfolipazy w produkcji tłuszczów oraz olejów, gdzie enzymy te służą do odśluzowywania i usuwania resztkowych ilości organicznych substancji stałych. To ważny punkt odniesienia, ponieważ pokazuje konkretne zastosowanie fosfolipaz w realnym procesie spożywczym, a nie tylko mechanizm znany z biochemii <sup>[3]</sup>.



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

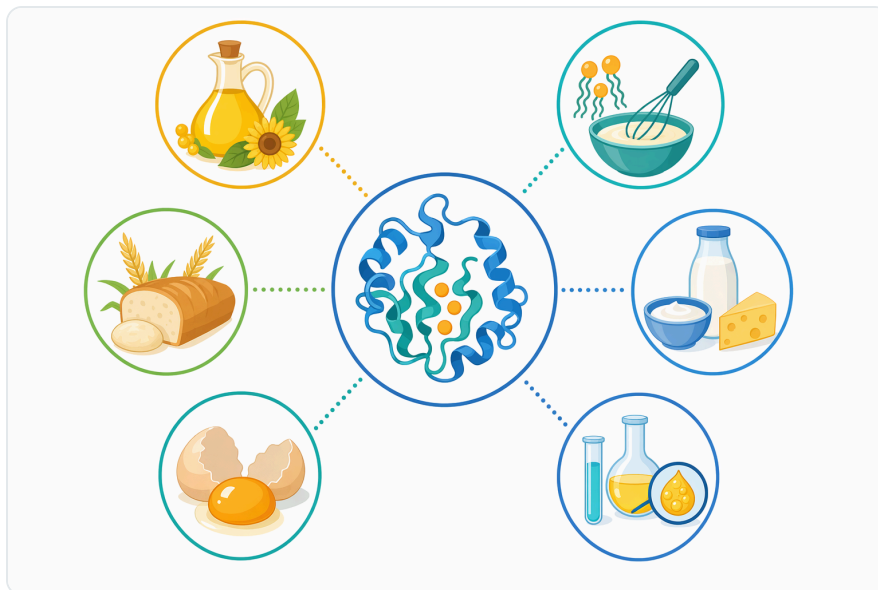
Dla procesów B2B najważniejsza jest konsekwencja tej reakcji: fosfolipaza nie „oczyszcza oleju” przez samo dodanie do układu, lecz katalizuje przemianę chemiczną określonego substratu. Skuteczność zależy od kontaktu enzymu z fosfolipidami, obecności odpowiedniej fazy reakcyjnej, mieszania, czasu kontaktu oraz późniejszej separacji. Enzym ułatwia osiągnięcie efektu, ale nie zastępuje całego projektu technologicznego procesu rafinacji.

## Phospholipase C: funkcja, aktywacja i ścieżka IP3/DAG

Choć w przemyśle olejowym najczęściej omawia się fosfolipazy A, terminy takie jak **phospholipase C**, **phospholipase C function**, **phospholipase C activation** czy **phospholipase C activator** są powszechne w literaturze biologicznej. Fosfolipaza C rozcina fosfolipidy w innym miejscu niż PLA1 i PLA2, prowadząc do powstania diacyloglicerolu oraz fosforylowanej grupy polarnej; w komórkach szczególne znaczenie ma rozkład fosfatydyloinozytolo-4,5-bisfosforanu do przekaźników sygnałowych [1].

Najbardziej znany opis działania PLC to **phospholipase C IP3 DAG pathway**. W tym szlaku aktywacja PLC prowadzi do powstania IP3 oraz DAG. IP3 uczestniczy w uwalnianiu jonów wapnia z magazynów wewnątrzkomórkowych, natomiast DAG pozostaje związany z błoną i bierze udział w aktywacji kolejnych elementów kaskady sygnałowej. Dla czytelnika przemysłowego istotne jest nie tyle przenoszenie tego mechanizmu bezpośrednio do procesu olejowego, ile zrozumienie, że fosfolipazy mogą generować produkty o silnie odmiennych właściwościach funkcjonalnych.

Pytanie „**what activates phospholipase C**” ma kilka odpowiedzi zależnych od izoformy enzymu i typu komórki. W biologii opisuje się m.in. aktywację przez receptory sprzężone z białkami G oraz przez receptory o aktywności kinaz tyrozynowych. Stąd w wyszukiwaniach pojawiają się terminy **phospholipase C beta** i **phospholipase C gamma**: pierwsza grupa jest zwykle wiązana z sygnałami przekazywanymi przez białka G, druga z sygnalizacją zależną od fosforylacji tyrozynowej [1].



**Figure 3.** 포스포리파아제는 식용유 정제, 레시틴 품질 개선, 제빵, 유제품, 난가공 및 지질 변형 분야 전반에 활용된다.

Wątek **phospholipase C gene** oraz **phospholipase C structure** ma znaczenie przede wszystkim w biochemii, biologii molekularnej i farmakologii. Różne geny kodują odmienne izoformy PLC, a domenowa struktura białka odpowiada za wiązanie błony, regulację i rozpoznawanie substratu. Nie należy jednak mylić tych informacji z opisem produktu przemysłowego: nazwa „phospholipase” na stronie dostawcy oznacza produkt enzymatyczny, a nie deklarację dotyczącą konkretnego genu, izoformy sygnalizacyjnej lub zastosowania medycznego.

## Phospholipase D i phospholipase B: inne miejsca cięcia, inne produkty

**Phospholipase D** rozcina wiązanie fosfodiesterowe w taki sposób, że jednym z produktów jest kwas fosfatydowy. Ten produkt ma inne właściwości niż fosfolipid wyjściowy i może odgrywać rolę zarówno w biologii błon, jak i w projektowaniu przemian fosfolipidów. W porównaniu z fosfolipazami A, enzym D nie usuwa bezpośrednio reszty kwasu tłuszczowego, lecz modyfikuje część polarną cząsteczki [2].

**Phospholipase B** jest opisywana jako enzym o szerszym zakresie deacylacji, ponieważ może usuwać reszty acylowe z różnych pozycji. W ujęciu procesowym oznacza to potencjalnie głębszą zmianę struktury fosfolipidu niż w przypadku selektywnego usunięcia jednej reszty kwasu tłuszczowego. Taka

różnica ma znaczenie przy interpretacji wyników, ponieważ podobnie brzmiące nazwy enzymów mogą prowadzić do odmiennych profili produktów.

Dla użytkownika B2B kluczowe jest zachowanie rozróżnienia między klasami enzymów. Fosfolipaza A, phospholipase C i phospholipase D nie są zamiennikami w sensie mechanistycznym. Mogą wszystkie należeć do szerokiej rodziny fosfolipaz, ale ich działanie na cząsteczce fosfolipidu prowadzi do innych produktów, a tym samym do innych efektów w oleju, emulsji, lecytynie lub modelowej mieszaninie lipidowej.

## Zastosowanie w produkcji tłuszczów i olejów

Najbardziej praktyczne i bezpośrednio udokumentowane zastosowanie fosfolipaz dotyczy produkcji tłuszczów oraz olejów jadalnych. W takim procesie fosfolipidy są częścią frakcji określanej potocznie jako „gumy”, która może zawierać również inne składniki polarne i organiczne substancje stałe.

Odśluzowywanie ma na celu usunięcie tej frakcji przed dalszymi etapami rafinacji <sup>[3]</sup>.



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

W enzymatycznym odśluzowywaniu oleju fosfolipaza modyfikuje fosfolipidy tak, aby łatwiej oddzielały się od fazy olejowej. Zależnie od typu fosfolipazy produktem może być lizofosfolipid, kwas tłuszczowy, diacyloglicerol lub kwas fosfatydowy. Produkty te różnią się polarnością i zachowaniem międzyfazowym, co może wspierać separację, ograniczać pozostałość fosforu i poprawiać przewidywalność kolejnych etapów rafinacji.

W ocenie EFSA przywołanej w źródle branżowym opisano fosfolipazę A1 oraz lizofosfolipazę wytwarzane z genetycznie zmodyfikowanego szczepu *Aspergillus niger* PLN i przeznaczone do zastosowania w produkcji tłuszczów i olejów. Według streszczenia oceny enzymy nie zawierały żywych komórek organizmu produkcyjnego ani jego DNA, a przy zamierzonych warunkach użycia nie wskazano obaw dotyczących bezpieczeństwa; jednocześnie zaznaczono, że ryzyka reakcji alergicznych nie można całkowicie wykluczyć, choć oceniono je jako niskie <sup>[3]</sup>.

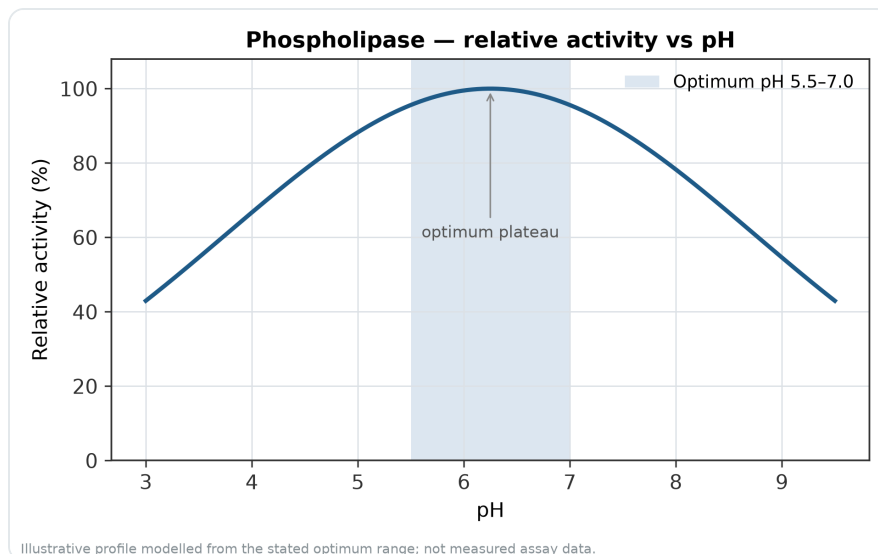
Ta informacja wymaga ostrożnej interpretacji. Dotyczy ona konkretnego enzymu, określonego źródła biologicznego i konkretnego zastosowania ocenionego przez EFSA. Nie jest automatyczną deklaracją dla każdego produktu opisanego jako phospholipase ani dla każdego możliwego użycia przemysłowego. Pokazuje jednak, że fosfolipazy są realnie analizowane jako enzymy technologiczne w przemyśle tłuszczowo-olejowym.

## Modyfikacja lecytyn i fosfolipidów funkcjonalnych

---

Lecytyny są mieszaninami fosfolipidów i innych składników lipidowych, dlatego fosfolipazy mogą być wykorzystywane do ich kontrolowanej modyfikacji. Zmiana jednej reszty acylowej w fosfolipidzie prowadzi do powstania lizofosfolipidu, który ma inną geometrię cząsteczki i inną równowagę między częścią hydrofilową a hydrofobową. To może zmieniać właściwości emulgujące, zwilżające i dyspersyjne mieszaniny <sup>[1]</sup>.

W praktyce przemysłowej takie zmiany są istotne w układach, w których fosfolipidy pełnią funkcję składników powierzchniowo czynnych. Jeśli substratem jest lecytyna sojowa, słonecznikowa lub inna mieszanina fosfolipidowa, efekt enzymatyczny zależy od jej składu: udziału fosfatydylocholiny, fosfatydyloetanolaminy, fosfatydyloinozytolu, kwasu fosfatydowego i innych komponentów. Ten sam typ enzymu może dawać różne efekty funkcjonalne, jeśli matryca lipidowa jest inna.



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

Modyfikacja fosfolipidów nie powinna być opisywana jako prosta „poprawa” bez wskazania celu. W jednych układach bardziej pożądana może być stabilizacja emulsji, w innych łatwiejsze rozdzielanie faz, obniżenie lepkości lub zmiana zachowania podczas suszenia, filtrowania czy ogrzewania. Fosfolipaza jest narzędziem do przesunięcia równowagi właściwości, a nie uniwersalnym dodatkiem rozwiązującym każdy problem formulacyjny.

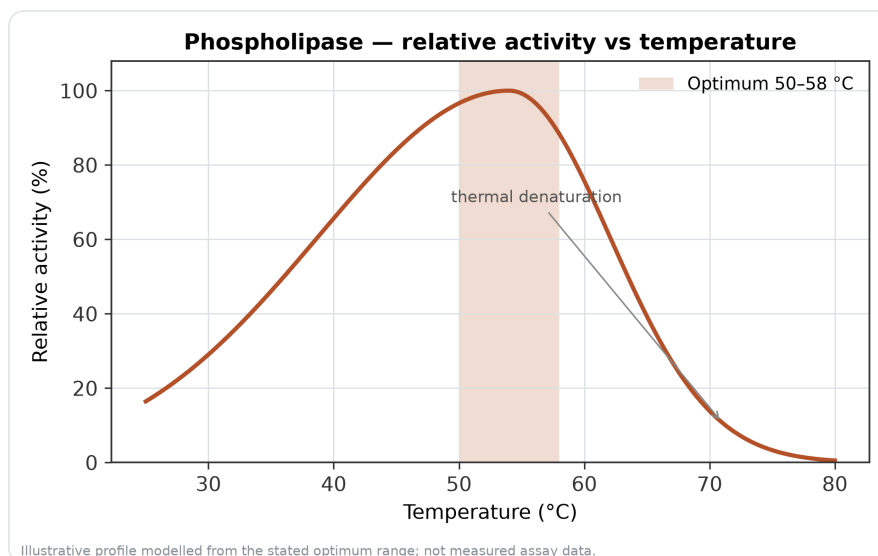
## Czynniki wpływające na skuteczność fosfolipazy w procesie

Skuteczność fosfolipazy zależy przede wszystkim od dostępności substratu. Fosfolipidy w oleju, lecytynie lub emulsji muszą znaleźć się w kontakcie z enzymem, a w układach wielofazowych kontakt ten bywa ograniczany przez powierzchnię międzyfazową, lepkość i rozproszenie faz. Dlatego mieszanie i dyspersja są często równie ważne jak sama obecność enzymu.

Drugim czynnikiem jest obecność wody lub środowiska umożliwiającego hydrolizę. Fosfolipazy katalizują reakcje, w których rozszczepienie wiązania wymaga udziału wody, choć rzeczywista organizacja faz może być złożona. W procesach tłuszczowych nawet niewielkie zmiany dostępności fazy wodnej mogą wpływać na kontakt enzymu z fosfolipidami i przebieg reakcji.

Trzecim elementem jest dobór typu fosfolipazy do celu. Jeśli zadaniem jest uzyskanie lizofosfolipidów, właściwe będą inne klasy enzymów niż wtedy, gdy celem jest powstawanie diacyloglicerolu lub kwasu fosfatydowego. Stąd w dokumentacji technicznej i rozmowach procesowych nie wystarcza samo hasło „phospholipase”; trzeba rozumieć, czy chodzi o phospholipase A1, phospholipase A2, phospholipase C, phospholipase D czy mieszaną aktywność fosfolipazową.

Czwartym czynnikiem jest dalsza obróbka po reakcji enzymatycznej. W odśluzowywaniu oleju sama hydroliza fosfolipidów jest etapem przygotowującym do separacji; aby osiągnąć efekt technologiczny, zmodyfikowane składniki muszą zostać oddzielone lub przeprowadzone do frakcji usuwanej. W modyfikacji lecytyny produkty reakcji pozostają częścią końcowej mieszanki, dlatego ocenia się ich wpływ na funkcjonalność, a nie tylko stopień hydrolizy.



**Figure 6.** 온도에 따른 포스포리파아제의 상대 활성으로, 50-58°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타난다.

## Korzyści technologiczne i granice odpowiedzialnych deklaracji

Najważniejszą korzyścią fosfolipazy jest selektywność. Różne klasy enzymów działają na konkretne wiązania w fosfolipidach, co pozwala projektować proces wokół przewidywalnego typu przemiany. W przeciwieństwie do nieselektywnej degradacji chemicznej enzymatyczna hydroliza może być ukierunkowana na określoną część cząsteczki fosfolipidu <sup>[1]</sup>.

Drugą korzyścią jest możliwość pracy z naturalnymi składnikami matrycy lipidowej. Fosfolipidy występują w olejach, lecytynach i materiałach biologicznych, dlatego enzym działa na realny składnik procesu, a nie na sztucznie wprowadzony substrat modelowy. To sprawia, że fosfolipaza jest szczególnie interesująca w rafinacji olejów i modyfikacji frakcji fosfolipidowych.

Trzecią korzyścią jest potencjalne wsparcie separacji faz. W procesach tłuszczowo-olejowych przekształcenie fosfolipidów może ułatwiać ich usunięcie z fazy olejowej, co jest zgodne z opisem zastosowania fosfolipazy A1 i lizofosfolipazy w odśluzowywaniu tłuszczów oraz olejów <sup>[3]</sup>.

Granice deklaracji są równie ważne jak korzyści. Nie każda fosfolipaza da ten sam efekt, nie każdy olej zawiera taki sam profil fosfolipidów, a warunki procesu mogą zmienić wynik reakcji. Odpowiedzialny opis techniczny powinien więc mówić o mechanizmie, typowych zastosowaniach i czynnikach wpływających na efekt, bez obiecywania uniwersalnego rezultatu niezależnego od matrycy.

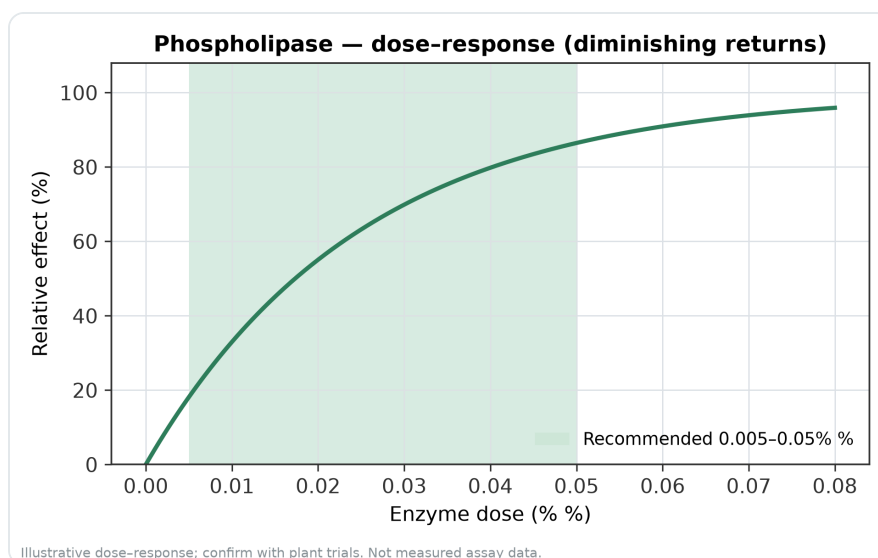


Figure 7. 권장 사용 범위(0.005–0.05%)에서 포스포리파아제의 용량-반응 관계를 예시적으로 나타낸 것이다.

## Fosfolipaza w kontekście biologicznym a fosfolipaza jako produkt procesowy

W literaturze biologicznej fosfolipazy są często omawiane jako enzymy sygnalizacyjne. Dotyczy to szczególnie phospholipase C pathway, phospholipase C beta, phospholipase C gamma oraz szlaku IP3/DAG. Te pojęcia są ważne dla biologii komórki, ponieważ produkty reakcji enzymatycznych mogą pełnić funkcję wtórnych przekaźników i wpływać na odpowiedź komórki na bodźce <sup>[1]</sup>.

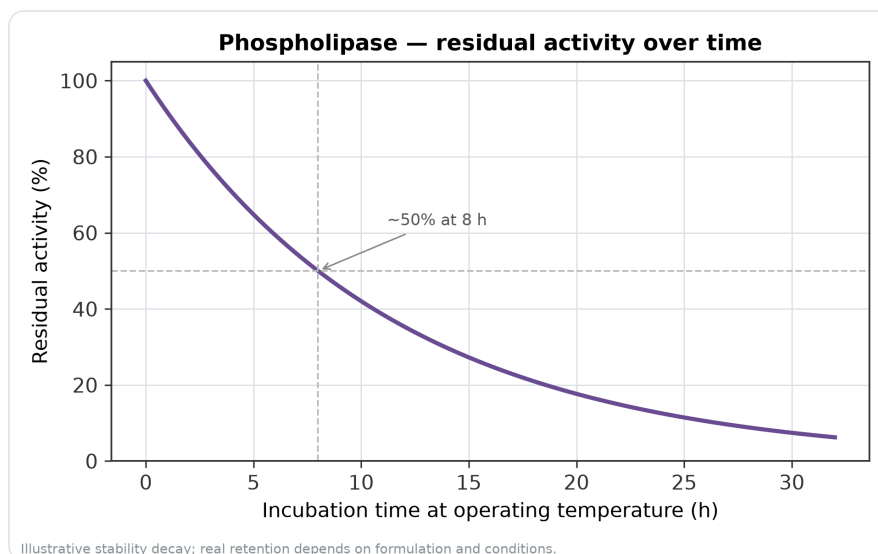
W zastosowaniach przemysłowych punkt ciężkości jest inny. Użytkownika procesu interesuje głównie to, jak enzym zmieni zachowanie konkretnej mieszaniny lipidowej: czy fosfolipidy staną się łatwiejsze do usunięcia, czy lecytyna zmieni właściwości powierzchniowe, czy emulsja będzie zachowywać się inaczej podczas ogrzewania, mieszania lub separacji. Mechanizm molekularny pozostaje ten sam — cięcie określonego wiązania — ale kryterium sukcesu jest technologiczne.

Dlatego warto rozdzielać język biochemiczny od języka aplikacyjnego. Frazy takie jak **phospholipase C activator**, **phospholipase C gene** czy **phospholipase C structure** są użyteczne, gdy mowa o regulacji enzymów w komórkach, ekspresji genów lub domenach białkowych. Natomiast w procesach olejowych i lipidowych ważniejsze są: typ aktywności fosfolipazowej, substrat, faza procesu, separacja i zgodność z wymaganiami konkretnej aplikacji.

## Informacje o dostawie produktu Phospholipase przez Enzymes.bio

Enzymes.bio oferuje **Phospholipase** jako produkt enzymatyczny dostępny online w jednostkach 1 kg. Produkt jest prezentowany jako enzym fosfolipazowy, a dokumenty CoA i SDS są dostarczane wraz z zamówieniem, co pozwala użytkownikowi uwzględnić dane dokumentacyjne w wewnętrznej ocenie jakości, bezpieczeństwa i zgodności zastosowania.

Należy jasno podkreślić rolę firmy: Enzymes.bio jest dostawcą, a nie producentem enzymu i nie pełni funkcji laboratorium opracowującego indywidualne procesy technologiczne. Oznacza to, że decyzja o użyciu fosfolipazy w konkretnym procesie, interpretacja zgodności regulacyjnej i walidacja efektu technologicznego pozostają po stronie użytkownika przemysłowego.



**Figure 8.** 포스포리파아제의 열 안정성 감소를 예시적으로 나타낸 것으로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소한다.

Taki model jest szczególnie istotny przy enzymach rodzinowych, takich jak phospholipase. Sama nazwa klasy enzymu mówi dużo o mechanizmie działania, ale nie zastępuje dokumentacji produktu ani oceny aplikacyjnej. Dla klienta B2B najważniejsze jest połączenie wiedzy mechanistycznej z dokumentami dostarczonymi przy zamówieniu oraz z własnymi wymaganiami procesu.

## Podsumowanie techniczne

Fosfolipaza to rodzina enzymów hydrolizujących fosfolipidy w określonych miejscach cząsteczki. Phospholipase A1, phospholipase A2, phospholipase B, phospholipase C i phospholipase D różnią się miejscem cięcia i produktami reakcji, dlatego ich zastosowania nie są automatycznie zamienne <sup>[2]</sup>.

Najbardziej bezpośrednio udokumentowanym zastosowaniem przemysłowym w dostępnych źródłach jest enzymatyczne odśluzowywanie tłuszczów i olejów z udziałem fosfolipazy A1 oraz lizofosfolipazy. Mechanizm polega na modyfikacji fosfolipidów obecnych w oleju tak, aby łatwiej usuwać frakcje polarne i organiczne pozostałości przed dalszą rafinacją <sup>[3]</sup>.

Dla użytkownika B2B wartość fosfolipazy polega na selektywnej zmianie frakcji fosfolipidowej: w olejach może wspierać separację, w lecytynach może zmieniać właściwości funkcjonalne, a w układach modelowych pozwala uzyskać konkretne produkty hydrolizy. Enzymes.bio dostarcza Phospholipase online w jednostkach 1 kg, wraz z CoA i SDS przy zamówieniu, zachowując rolę dostawcy produktu, a nie producenta ani laboratorium aplikacyjnego .

## Zamów Phospholipase online

Sprzedawany w jednostkach 1 kg, dostępny z magazynu i gotowy do wysyłki. Zamów bezpośrednio w naszym sklepie — zapłać online, a my przetworzymy Twoje zamówienie. Do każdego zamówienia dołączamy Certyfikat Analizy i Kartę Charakterystyki.

[Kup Phospholipase →](#)

## Bibliografia

Ponumerowano według kolejności pierwszego cytowania. Źródła open access, każde zweryfikowane jako dostępne w momencie publikacji; numery cytowań w tekście prowadzą tutaj.

1. [74. Edu.](#)
2. [Fosfolipazy. Wikipedia.](#)
3. [Efsa Ocenila Bezpieczeństwo Zastosowania Enzymów Fosfolipazy A1 I Lizofosfolipazy W Produkcji Tłuszczów I Olejów. Foodfakty.](#)

## Skontaktuj się z Enzymes.bio


Masz pytania dotyczące zamówienia? Nasz zespół chętnie pomoże.

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

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

[Skontaktuj się z nami →](#)

 **400+** klientów B2B

 **60+** partnerów badawczych z uczelni

 **54** obsługiwanych na całym świecie

