



New Day in Medicine
Новый День в Медицине

NDM



TIBBIYOTDA YANGI KUN

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



AVICENNA-MED.UZ



ISSN 2181-712X.
EiSSN 2181-2187

5 (79) 2025

**Сопредседатели редакционной
коллегии:**

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:

М.И. АБДУЛЛАЕВ
А.А. АБДУМАЖИДОВ
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ
Л.М. АБДУЛЛАЕВА
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ
М.А. АБДУЛЛАЕВА
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ
Б.З. АБДУСАМАТОВ
М.М. АКБАРОВ
Х.А. АКИЛОВ
М.М. АЛИЕВ
С.Ж. АМИНОВ
Ш.Э. АМОНОВ
Ш.М. АХМЕДОВ
Ю.М. АХМЕДОВ
С.М. АХМЕДОВА
Т.А. АСКАРОВ
М.А. АРТИКОВА
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)
Е.А. БЕРДИЕВ
Б.Т. БУЗРУКОВ
Р.К. ДАДАБАЕВА
М.Н. ДАМИНОВА
К.А. ДЕХКОНОВ
Э.С. ДЖУМАБАЕВ
А.А. ДЖАЛИЛОВ
Н.Н. ЗОЛотова
А.Ш. ИНОЯТОВ
С. ИНДАМИНОВ
А.И. ИСКАНДАРОВА
А.С. ИЛЬЯСОВ
Э.Э. КОБИЛОВ
А.М. МАННАНОВ
Д.М. МУСАЕВА
Т.С. МУСАЕВ
М.Р. МИРЗОЕВА
Ф.Г. НАЗИРОВ
Н.А. НУРАЛИЕВА
Ф.С. ОРИПОВ
Б.Т. РАХИМОВ
Х.А. РАСУЛОВ
Ш.И. РУЗИЕВ
С.А. РУЗИБОЕВ
С.А.ГАФФОРОВ
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)
Ж.Б. САТТАРОВ
Б.Б. САФОЕВ (отв. редактор)
И.А. САТИВАЛДИЕВА
Ш.Т. САЛИМОВ
Д.И. ТУКСАНОВА
М.М. ТАДЖИЕВ
А.Ж. ХАМРАЕВ
Д.А. ХАСАНОВА
Б.З. ХАМДАМОВ
А.М. ШАМСИЕВ
А.К. ШАДМАНОВ
Н.Ж. ЭРМАТОВ
Б.Б. ЕРГАШЕВ
Н.Ш. ЕРГАШЕВ
И.Р. ЮЛДАШЕВ
Д.Х. ЮЛДАШЕВА
А.С. ЮСУПОВ
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ
М.Ш. ХАКИМОВ
Д.О. ИВАНОВ (Россия)
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)
DONG JINCHENG (Китай)
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)
В.А. МИТИШ (Россия)
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)
А.А. ПОТАПОВ (Россия)
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV(Azerbaijan)
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

**ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН
НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ
NEW DAY IN MEDICINE**

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал
Научно-реферативный,
духовно-просветительский журнал*

УЧРЕДИТЕЛИ:

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии имени
А.В. Вишневского является генеральным
научно-практическим
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных
изданий, рецензируемых Высшей
Аттестационной Комиссией
Республики Узбекистан
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

5 (79)

2025

май

www.bsmi.uz

https://newdaymedicine.com E:

ndmuz@mail.ru

Тел: +99890 8061882

УДК 577.15-612.8-602.6

ФОСФОЛИПАЗЫ A2: СТРУКТУРА, МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ, СИГНАЛЬНЫЕ ПУТИ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ В НОРМЕ И ПАТОЛОГИИ, ВКЛЮЧАЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Рузиев Зариф Мухаммадович <https://orcid.org/0009-0009-3541-4725>

Бухарский государственный медицинский институт имени Абу Али ибн Сины, Узбекистан, г. Бухара, ул. А. Навои. 1 Тел: +998 (65) 223-00-50 e-mail: info@bsmi.uz

✓ *Резюме*

Фосфолипазы – ферменты класса гидролаз, участвующие в метаболизме фосфолипидов. Различают 4 основных семейства фосфолипаз: A, B, C и D, каждое из которых гидролизует определенную связь в фосфолипиде. Широкая представленность фосфолипаз в живых организмах обусловлена прежде всего важностью функции фосфолипаз в поддержании и регулировании липидов мембран, мембранного состава, передачи сигнала, пищеварении, регуляции воспалительного процесса.

Фосфолипиды являются основными компонентами липидного бислоя клеточных мембран. Эти молекулы состоят из двух ацильных или алкильных групп и различных фосфоосновных групп, соединенных с глицериновым остовом. За последние годы значительный интерес был сосредоточен на метаболизме фосфолипидов под действием фосфолипаз и роли их метаболитов в регуляции клеточных функций. Высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в центральной нервной системе (ЦНС) вызвало исследования, направленные на изучение фосфолипаз A2 (PLA2s) — ферментов, расщепляющих ацильные группы в позиции sn-2 фосфолипидов и образующих ПНЖК и лизофосфолипиды. Среди множества подтипов PLA2 основное внимание уделялось трём основным типам: кальций-зависимым цитозольным PLA2 (cPLA2), кальций-независимым PLA2 (iPLA2) и секреторным PLA2 (sPLA2). Эти ферменты различаются по молекулярной структуре, клеточной локализации и, соответственно, по продукции липидных медиаторов с разнообразными функциями

Ключевые слова: фосфолипазы A2, фосфолипиды, суперсемейство фосфолипаз, структура белка, механизм действия, сигнальные пути, центральная нервная система

PHOSPHOLIPASE A2: STRUCTURE, MECHANISMS OF ACTION, SIGNALING PATHWAYS, AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL IN HEALTH AND DISEASE, INCLUDING CENTRAL NERVOUS SYSTEM DISORDERS

Ruziyev Zarif Muxammadovich

Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sina, Uzbekistan, Bukhara, st. A. Navoi. 1
Tel: +998 (65) 223-00-50 e-mail: info@bsmi.uz

✓ *Resume*

Phospholipases are enzymes of the hydrolase class involved in the metabolism of phospholipids. There are four main families of phospholipases: A, B, C, and D, each of which hydrolyzes a specific bond in the phospholipid molecule. The widespread presence of phospholipases in living organisms is primarily due to the crucial function they serve in maintaining and regulating membrane lipids, membrane composition, signal transmission, digestion, and the regulation of inflammatory processes. Phospholipids are the primary components of the lipid bilayer of cellular membranes. These molecules consist of two acyl or alkyl groups and various phospho-head groups connected to a glycerol backbone. In recent years, significant attention has been focused on the metabolism of phospholipids by phospholipases and the role of their metabolites in the regulation of cellular

functions. The high content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in the central nervous system (CNS) has prompted studies on phospholipase A2 (PLA2), enzymes that cleave the acyl groups at the sn-2 position of phospholipids, resulting in the formation of PUFAs and lysophospholipids. Among the numerous PLA2 subtypes, three main types have been most studied: calcium-dependent cytosolic PLA2 (cPLA2), calcium-independent PLA2 (iPLA2), and secretory PLA2 (sPLA2). These enzymes differ in molecular structure, cellular localization, and, consequently, in the production of lipid mediators with various functions

Keywords: Phospholipase A2, phospholipids, phospholipase superfamily, protein structure, mechanism of action, signaling pathways, central nervous system

FOSFOLIPAZA A2: TUZILISHI, FAOLIYAT MEXANIZMLARI, SIGNAL YO‘LLARI VA SOG‘LIQ HAMDA KASALLIKLARDA (JUMLADAN MARKAZIY ASAB TIZIMI BUZILISHLARIDA) BIOTEXNOLOGIK POTENSIALI

Ruziyev Zarif Muxammadovich

Abu Ali ibn Sino nomidagi Buxoro davlat tibbiyot instituti, O‘zbekiston, Buxoro sh. A. Navoiy kochasi 1 Tel: +998 (65) 223-00-50 e-mail: info@bsmi.uz

✓ Rezyume

Fosfolipazalar — fosfolipidlar metabolizmida ishtirok etuvchi gidrolazlar sinfiga mansub fermentlardir. Fosfolipazalarning to‘rt asosiy oilasi mavjud: A, B, C va D; har biri fosfolipid molekulasining ma‘lum bir bog‘ini gidroliz qiladi. Fosfolipazalarning organizmlarda keng tarqalganligi asosan ularning membrana lipidlarini saqlash va tartibga solish, membrana tarkibini o‘zgartirish, signal uzatish, ovqat hazm qilish va yallig‘lanish jarayonlarini nazorat qilishdagi muhim funksiyalariga bog‘liq.

Fosfolipidlar hujayra membranalarining lipid ikkikatlamining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, glitserol skeletiga bog‘langan ikki asil (yoki alkil) guruhi va turli fosfobosh guru‘lardan iborat. So‘nggi yillarda fosfolipazalar ta‘sirida fosfolipidlarning parchalanishi va ularning metabolitlari hujayra funksiyalarini regulatsiya qilishdagi roli bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar o‘tkazildi.

Markaziy asab tizimida ko‘p miqdorda uchraydigan ko‘pnoqsionli yog‘ kislotalar (KNYK) fosfolipaza A₂ (PLA₂) fermentlariga qiziqishni kuchaytirdi. PLA₂lar sn-2 pozitsiyasidagi asil guruhni kesib, KNYK va lizofosfolipidlar hosil qiladi. PLA₂larning ko‘plab subtiplaridan eng ko‘p o‘rganilgan uch turi quyidagilardir: Sitozolik, kalsiyga bog‘liq PLA₂ (cPLA₂), Kalsiysiz PLA₂ (iPLA₂), Sekretor, kalsiyga bog‘liq PLA₂ (sPLA₂). Ushbu fermentlar molekulyar tuzilishi, hujayradagi lokalizatsiyasi va lipid vositachilarini hosil qilish xususiyatlari bo‘yicha farqlanadi, natijada turli biologik funksiyalar va signal yo‘llarini boshqaradi

Kalit so‘zlar: Fosfolipaza A₂; fosfolipidlar; fosfolipazalar superoilasi; oqsil tuzilishi; faoliyat mexanizmi; signal yo‘llari; markaziy asab tizimi

Актуальность

Данный обзор рассматривает структурно-функциональные характеристики как фосфолипаз в целом, так и фосфолипаз A₂, различные аспекты использования фосфолипаз в биотехнологии. Особый интерес к PLA₂ вызван тем, что ацильные группы в позиции sn-2 глицерофосфолипидов в основном являются полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) и служат субстратами для оксигеназ, образующих эйкозаноиды и докозаноиды. Эти липидные медиаторы играют важную роль в регуляции иммунных функций клеток и воспалительных процессов.

Фосфолипазы A₂ (PLA₂) представляют собой большую супергруппу (более 50 подтипов), классифицированную на основе их зависимости от кальция и клеточной локализации. Эти ферменты играют ключевую роль не только в перестройке структуры клеточной мембраны и поддержании гомеостаза, но и в различных аспектах клеточного метаболизма через специфические сигнальные пути.

Цель исследования: Анализ структуры, механизмов действия и сигнальных путей фосфолипаз А2 с целью определения их физиологической роли, участия в развитии заболеваний центральной нервной системы, а также оценки потенциала их использования в биотехнологии и терапии.

Материал и метод исследования

Фосфолипазы А1 впервые были обнаружены путем измерения гидролиза фосфатидилхолина до лизофосфатидилхолина. Изоформы фосфолипазы А1 можно разделить на две группы в зависимости от их локализации: внеклеточные и внутриклеточные ферменты. Общей структурной особенностью внутриклеточных ферментов является консенсусная последовательность липазы, Gly-x-Ser-x-Gly, где x – любая аминокислота. Внеклеточные ферменты относятся к так называемому «семейству генов липазы поджелудочной железы» и характеризуются наличием нескольких консервативных мотивов, включая консенсусную последовательность липазы, каталитическую триаду Ser-Asp-His, цистеиновые аминокислоты, ответственные за образование дисульфидных связей, и липид-связывающие поверхностные петли [1]. Липид-связывающие поверхностные петли влияют на субстратную специфичность ферментов, ограничивая доступ к каталитическому сайту. Фосфолипазы А1 выполняют различные биологические функции. Так, например, внутриклеточный PA-PLA1 участвует в сперматогенезе, KIAA0725p помогает осуществлять везикулярный транспорт от аппарата Гольджи к плазматической мембране, а внеклеточная PS-PLA1 регулирует уровни фосфотидилсерина, участвующего в процессах свертывания крови, апоптоза и активации протеинкиназы С. Фосфолипазы В выделены из растений, микроорганизмов, яда пчел, тканей млекопитающих. Ферменты этой группы крайне неспецифичны, катализируют гидролиз различных сложноэфирных связей, обладают литическим (разрушающим) действием по отношению к биологически мембранам (что обуславливает их токсичность). Они менее стабильны, чем фосфолипазы А [6]. Фосфолипазы В не имеют коферментов, некоторые из них ингибируются диизопропилфторфосфатом [4]. Фосфолипазы С расщепляют глицерофосфатную связь фосфолипидов. Они катализируют гидролиз фосфатидилинозитол-4,5-бисфосфата в мембране с образованием вторичных сигнальных молекул диацилглицерина и 1,4,5-трифосфата. Диацилглицерин (встроенный в мембрану) и 1,4,5-трифосфат (высвобождаемый в цитозоль) инициируют дальнейшие пути передачи сигнала через активацию протеинкиназы С и внутриклеточного Ca²⁺. Члены семейства фосфолипазы С имеют несколько консервативных участков. Структурные области, ответственные за каталитическую активность, состоят из чередующихся α-спиралей и β-листов, тогда как домен активного центра, связывающего ионы Ca²⁺, представляет собой мотив спираль-поворот-спираль. Изоформы фосфолипазы С вовлечены во множество различных физиологических ролей в различных тканях, включая рост, дифференцировку клеток и экспрессию генов. Фосфолипазы С обнаружены у бактерий родов *Clostridium*, *Bacillus* и *Pseudomonas*, а также в клетках млекопитающих (печень, мозг, поджелудочная железа) [5]. Фосфолипаза С, гидролизующая фосфодиэфирную связь между глицериновым остатком фосфолипида и полярной фосфатной группой, относится к фосфодиэстеразам, также, как и фосфолипаза D (см. ниже). Фосфолипаза С является ключевым ферментом метаболизма фосфатидилинозитола и липидных сигнальных путей. Фосфолипаза С активируется Gαq или Gβγ субъединицами G-белка. Таким образом, она является частью G-белок-связанного рецептора (GPCR) и соответствующего сигнального пути. Кроме того, фосфолипаза С гидролизует фосфатидилинозитол (PIP2) на два вторичных медиатора – инозитолтрифосфат (IP3) и диацилглицерин (DAG). Эти медиаторы вовлечены в сигнальные пути активации кальциевых каналов эндоплазматического ретикулума и протеинкиназы С. Ферменты фосфолипазы D (PLD) играют важную роль в клетках: они поддерживают целостность клеточных мембран и участвуют в передаче сигналов, миграции и пролиферации клеток. Роль фосфолипаз данного семейства заключается в высвобождении фосфатидной кислоты, обладающей уникальной мембрано-связывающей функцией и во взаимодействии с различными молекулами, например, белком синдрома Вискотта-Олдрича (WASp) или киназами, благодаря чему происходит их активация. Кроме того, существуют данные, предполагающие важную роль данной фосфолипазы в процессе канцерогенеза и развитии рака. Активность фосфолипазы D

была обнаружена у вирусов, бактерий, растений и животных. Существуют две изоформы ферментов фосфолипазы D млекопитающих, а именно фосфолипаза D1 (120 кДа) и фосфолипаза D2 (105 кДа). Фосфолипазы D и продукты их каталитической активности вовлечены в регулирование разнообразных клеточных процессов, включая воспаление, контроль транспорта внутриклеточной мембраны, нейронную и сердечную стимуляцию, миграцию клеток и химиорезистентность. Фосфолипаза D проявляет прежде всего гидролитическую активность, в результате которой происходит расщепление сложноэфирной связи между остатком фосфатидной кислоты и спирта в молекулах фосфолипидов. При этом спирт замещается на водород, но возможен перенос остатка фосфатидной кислоты на иные различные гидроксилсодержащие акцепторы, что представляет большой интерес для биотехнологии, так как трансфосфатидирующая активность фосфолипазы D может быть использована для синтеза разнообразных лекарственных препаратов или редких фосфолипидов, например, фосфатидилглицерина и фосфатидилсерина [2].

Результат и обсуждение

Ранее исследования специфических функций PLA2 в клетках ЦНС были ограничены, частично из-за сложного клеточного состава нервной ткани. Однако недавние достижения в методах разделения клеток мозга и молекулярного анализа белков и липидов позволили значительно углубить понимание молекулярных действий PLA2. Основной целью данного обзора является обобщение недавних исследований характеристик и динамических ролей трех основных типов PLA2 и их продуктов окисления в поддержании здоровья мозга и развитии неврологических расстройств [2].

Фосфолипиды являются основным компонентом липидного бислоя мембран млекопитающих. Эти молекулы состоят из двух ацильных или алкенильных цепей, глицеринового остова и различных фосфоосновных групп (этанолламин, холин, серин, инозитол). Мембранные фосфолипиды являются субстратами для фосфолипаз A1, A2, C и D, ферментов, которые производят малые молекулы с важными функциональными ролями в клеточном метаболизме.

В фосфолипидах центральной нервной системы (ЦНС) преобладают арахидоновая кислота и докозагексаеновая кислота. Эти ПНЖК высвобождаются из фосфолипидов за счет активности трех основных типов PLA2: кальций-зависимых цитозольных cPLA2, кальций-независимых iPLA2 и секреторных sPLA2. Каждый из этих типов имеет уникальную молекулярную структуру, механизм действия и требования к кальцию, а также ассоциируется с различными сигнальными путями, активируемыми рецепторами [2].

Несмотря на большое количество исследований, связывающих PLA2 с иммунными клетками и воспалительными заболеваниями периферической системы, исследования, посвященные специфическим ролям PLA2 в ЦНС, ограничены. Это связано со сложным клеточным составом разных регионов мозга. Современные методы, такие как улучшенные техники разделения клеток и продвинутая липидомика, предоставили новые данные о генетических вариациях PLA2, механизмах их действия и различных профилях окислительных продуктов (оксипинов).

За последние 25 лет наши знания о суперсемействе ферментов PLA2 значительно расширились. PLA2 катализирует гидролиз жирных кислот в позиции sn-2 мембранных фосфолипидов. В живых организмах эта позиция часто содержит полиненасыщенные жирные кислоты, которые после высвобождения превращаются в эйкозаноиды и другие биологически активные липидные медиаторы. Оставшиеся лизофосфолипиды также играют важные роли в биологических процессах [3]. Позднее, с открытием таких форм, как секреторируемая PLA2 макрофагов (группа V) и кальций-независимая PLA2 (группа VI), система была дополнена до 14 различных групп и нескольких подгрупп к 2000 году. Последние обзоры выделяют 15 отдельных групп PLA2, которые объединены в четыре основные категории: секреторируемые sPLA2, цитозольные cPLA2, кальций-независимые iPLA2 и PLA2, связанные с липопротеинами (LpPLA2) [3]. Каждый из этих типов участвует в различных процессах липидного обмена и прогрессировании заболеваний, что вызывает большой интерес со стороны фармацевтической и биотехнологической индустрии для разработки селективных и мощных ингибиторов.

Заключение

1. Фосфолипазы A2 играют ключевую роль в биологических процессах живых организмов. Их использование, а также применение ингибиторов этих ферментов, открывает перспективные направления в диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний и артрита. Фосфолипазы A2 представляют собой многообразное семейство ферментов, обладающих широким спектром функций и востребованных в современной биотехнологии и пищевой промышленности. Проведение исследований и разработка эффективных методов экспрессии стабильных рекомбинантных форм фосфолипазы A2 имеет как фундаментальное научное, так и важное прикладное значение.
2. Исследование ферментов суперсемейства PLA2 ведётся уже более ста лет. Первые кинетические и структурные работы подтвердили значимость этих ферментов как модели для изучения липидной энзимологии. С открытием новых членов семейства PLA2, их детальной структурной характеристикой и анализом клеточных функций, данные ферменты приобрели особую важность как мишени для разработки лекарственных средств, направленных на лечение широкого спектра заболеваний. Перспективы этого направления остаются чрезвычайно многообещающими: создание моделей нокаутных мышей и разработка высокоспецифичных ингибиторов позволит глубже понять биологическую роль PLA2 и заложить основу для новых терапевтических стратегий.
3. Данный обзор представляет собой всесторонний анализ трёх ключевых типов фосфолипазы A2: цитозольной (cPLA2), независимой от кальция (iPLA2) и секретируемой (sPLA2). Особое внимание уделяется концепции «инь-ян» метаболизма арахидоновой (ARA) и докозагексаеновой кислот (DHA), в результате которого образуются как провоспалительные, так и защитные оксидативные метаболиты. С развитием технологий протеомики, липидомики и высокочувствительной хромато-масс-спектрометрии (LC-MS) открываются новые перспективы для изучения роли отдельных изоформ PLA2 и их метаболитов в конкретных клеточных типах головного мозга, а также для понимания их вклада в поддержание нейронального гомеостаза и развитие патологических процессов.
4. Несмотря на значительный прогресс в изучении фосфолипаз A2, остаётся множество нерешённых вопросов, требующих дальнейшего внимания. До сих пор не в полной мере раскрыты молекулярные механизмы регуляции отдельных изоформ PLA2 в различных типах клеток, включая нейроны и глиальные клетки. Необходимы более глубокие исследования межклеточного взаимодействия фосфолипаз и их участия в нейровоспалительных, метаболических и дегенеративных процессах. Кроме того, остаётся важной задачей выяснение специфических сигнальных каскадов, запускаемых различными типами PLA2, и их перекрёстного влияния на другие клеточные пути.
5. Современные достижения в области молекулярной биологии, генетической инженерии и высокоточной аналитики, такие как CRISPR/Cas-технологии, одноклеточная транскриптомика и масс-спектрометрический анализ липидов, открывают новые горизонты для выявления тонких регуляторных механизмов, лежащих в основе действия PLA2. Дальнейшее изучение этих ферментов не только углубит фундаментальные представления о липидном обмене, но и послужит основой для разработки инновационных терапевтических и диагностических подходов в медицине и биотехнологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА:

1. С. Ю. Филькин, А. В. Липкин, А. Н. Федоров. Суперсемейство Фосфолипаз: Структура, Функции И Применение В Биотехнологии// Успехи биологической химии, т. 60, 2020, с. 369–410 369
2. Grace Y. Sun, Xue Geng, Tao Teng, Bo Yang, Michael K., Appenteng C. Michael Greenlief and James C., Lee J.C. Dynamic Role of Phospholipases A2 in Health and Diseases in the Central Nervous System // Cells 2021, 10, 2963.
3. John E. Burke and Edward A. Dennis. Phospholipase A₂ structure/function, mechanism and signaling// Journal of Lipid Research April Supplement, 2009
4. Aloulou, A., Ali, Y.B., Bezzine, S., Gargouri, Y., Gelb, M.H. (2012) Phospholipases: an overview. In Lipases and phospholipases, pp 63–85,
5. Springer. Литвиенко, Н.М., Кисель, М.А. (1991) Эндогенные фосфолипазы A2. Структура и функции, М.: Наука и техника, 17–21.
6. Woolley, P., Petersen, S. B. (1996) Lipases: their structure, biochemistry and application. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 28, 831–832.
7. Брокерхоф, Х., Дженсен, Р. (1978) Липолитические ферменты: Москва, изд-во. 396 стр.

Поступила 20.03.2025