

И. Гавриш, канд. с.-х. наук, В. Романенко, студ.  
Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина,  
Е. Войцеховская, канд. биол. наук  
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

### ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ РОЗЫ В ЗИМНИХ ТЕПЛИЦАХ

Из числа цветов, выращиваемых для реализации в цветоческих хозяйствах особое место и распространение принадлежит розе, которая пользуется большим спросом у населения. Использование регуляторов роста на культуре розы позволяет повысить биологические свойства сортов, их потенциальные возможности, а также повысить урожайность и декоративность цветов. Целью исследований было определить эффективность действия регуляторов роста растений Биолан, Регоплант, Бионур, Бутон, Гумисол-Н и Циркон на рост, развитие, декоративные качества, динамику урожайности и производительность розы в условиях современных зимних теплиц типа Venlo.

Исследование проведено на растениях сорта чайно-гибридного типа Аваланж нидерландской селекционной компании Lex +. Экспериментальная работа проведена в хозяйстве ООО "Аскания-Флора" в течение 2015–2016 гг.

Применено трехкратное опрыскивание растений растворами регуляторов роста: через 7 дней после высадки растений, во время бутонизации и в начале цветения. Контролем были растения, не обработанные рострегулирующими веществами.

Результатами исследований установлено, что регуляторы роста Бутон и Бионур ускоряли формирование цветоносных побегов и время проведения прилота на растениях, сокращали период появления бутонов и развития цветка. Установлено различное действие препаратов на динамику поступления урожая по месяцам.

Определено влияние регуляторов роста Биолан, Бионур и Бутон на повышение общей урожайности, продуктивности растений и декоративные качества цветка розы. Полученные результаты целесообразно учитывать при закладке насаждений розы в защищенном грунте для регулирования процессов роста, развития растений и повышения урожайности культуры.

Ключевые слова: роза, регулятор роста растений, динамика урожайности, производительность.

I. Havris, Ph.D, V. Romanenko, stud.  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,  
O. Voitsekhivska, Associate Professor  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

### INFLUENCE OF PLANT GROWTH REGULATORS ON GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF ROSE IN WINTER GREENHOUSES

Rose flowers are in great demand among the population. The use of growth regulators on the culture of roses allows you to improve the biological properties of varieties, their potential, as well as increase the yield and decorative colors. The purpose of the research was to determine the effectiveness of the action of plant growth regulators Biolan, Regoplant, Bionur, Bouton, Humisol-H and Zircan on growth, development, decorative qualities, yield dynamics and rose productivity under conditions of modern winter Venlo greenhouses. The study was conducted on plants of a variety of hybrid tea type Avalange of the Netherlands breeding company Lex +. Experimental work was carried out at the farm "Askania-Flora" during 2015-2016. Threefold spraying of plants with growth regulator solutions was applied: 7 days after planting, during budding and at the beginning of flowering. The control plants were not treated with growth regulating agents. As a result of research, it has been established that growth regulators Bud and Bionur accelerated the formation of flowering shoots and the time for slammung on plants, shortened the period of bud appearance and flower development. Established a different effect of preparats on the dynamics of the arrival of the crop by month. The influence of growth regulators Biolan, Bionur and Bud on the increase in total yield, plant productivity and decorative qualities of the rose flower has been determined. The results obtained should be taken into account when laying rose stands in winter greenhouses to regulate growth processes, plant development and increase crop yields.

Key words: rose, plant growth regulator, yield dynamics, productivity.

УДК: 577.29:004.942

А. Заремба, студ.  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,  
М. Платонов, канд. біол. наук  
Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ, Україна

### ПОШУК САЙТУ ЗВ'ЯЗУВАННЯ КАЛІКС [4] АРЕНІВ ІЗ КІНАЗОЮ ЛЕГКИХ ЛАНЦЮГІВ МІОЗИНУ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ДИНАМІКИ

Порушення функціональної активності гладеньких м'язів людини пов'язують зі значною кількістю патологічних станів людського організму. Кіназа легких ланцюгів міозину є ключовим ферментом сигнального каскаду передачі нейрогуморальних сигналів у гладеньком'язових клітинах. Особливо важлива її роль у довготривалому тонічному скороченні. Порушення її кіназної активності здатне привести до послаблення міжклітинної взаємодії епі- та ендотеліоцитів, порушення роботи гладеньких м'язів кишківника та судин, ускладнення пологової діяльності.

Нині проводиться пошук ефекторів цього ферменту. Проблема полягає у тому, що більшість ліків відсіюється на загальноорганізменному рівні у зв'язку з токсичним впливом на інші тканини (органи) або несприятливими хімічними та фізичними властивостями. Такі речовини потребують адаптерів (переносників), позбавлених цих недоліків та інертних *in vivo*. Найбільш перспективними є каліксарени.

У цьому дослідженні був використаний метод молекулярної динаміки для визначення стабільності комплексу калікс [4] арентетрасульфату та каталітичного домену кінази легких ланцюгів міозину. Спочатку шляхом докінгу визначено найбільш сприятливе положення каліксарену, ним виявилась каталітична кишеня кінази. Після цього був проведений власне молекулярно-динамічний експеримент для визначення енергії взаємодії. Виявилось, що загальна енергія взаємодії становить близько -300 кДж/моль. Цей показник свідчить про достатньо високу стабільність комплексу. Враховуючи розміщення ліганду, можна припустити його вплив на ферментативну активність кінази, тому використання, як мінімум, цього каліксарену як системи доставки ліків видається недоцільним.

Ключові слова: кіназа легких ланцюгів міозину, КЛЛМ, каліксарени, калікс [4] арентетрасульфат, молекулярна динаміка, докінг, Gromacs.

**Вступ.** Значна кількість патологічних станів людського організму пов'язана із порушенням функціональної активності гладеньких м'язів [1]. Наприклад, її гіперфункція призводить до збільшення інвазивності мутованих

клітин пухлинних утворень, викликаючи тим самим перехід доброякісної форми захворювання у злоякісну [2].

Якщо гіперфункція є важливим показником в патологічних умовах, то гіпофункція є маркером багатьох

хвороб сама по собі, зокрема вона спостерігається при порушенні перистальтики кишечника, діабеті, дисфункції ендотеліальних бар'єрів і т.п. [3,4]. Окремого статусу із цього переліку заслуговують різні порушення роботи гладеньких м'язів, зокрема – дисточія (збірне поняття, яке означає будь-які ускладнення пологів). Все частіше у молодих та відносно здорових жінок зустрічається дисфункція міометрію при пологах. При цьому об'єктивної причини таких ускладнень до цього часу визначити не вдалось [5].

Оскільки КЛЛМ (кіназа легких ланцюгів міозину) виконує важливу роль при скороченні ГМ (гладеньких м'язів), видається перспективним проведення досліджень по підбору речовин, здатних впливати на активність даної кінази [6]. Однак значна кількість речовин, що є потенційними лікарськими засобами, не здатні проникати в клітину або є занадто токсичними для їх безпосереднього введення в організм. Тому перспективним є використання допоміжних сполук-переносників, які в ідеальному випадку не мають власної активності та мають єдину функцію – покращення фармакологічних властивостей цільового лікарського засобу. На даний момент найбільш перспективними платформами для розробки таких переносників є каліксарени. Вони здатні хелатувати лікарські препарати та, завдяки наявності чотирьох модифікованих бензольних кілець, проникати в клітину, переносючи цільові молекули [7].

Дане дослідження спрямоване на визначення сайтів взаємодії калікс [4] арентетрасульфату із КЛЛМ. Його метою є визначення локалізації та енергії взаємодії калікс [4] арентетрасульфату із кіназою легких ланцюгів.

#### **Матеріали і методи дослідження.**

В даному дослідженні були використані три програми.

ICM – пакет, основним призначенням якого є докінг. Тут був проведений власне докінг каліксарену та вибраний комплекс із найбільшим енергетичним вирашем (використовувалась стандартна процедура).

Gromacs – пакет із великою кількістю утиліт та підпрограм, призначений для моделювання методом МД (молекулярної динаміки) та аналізу результатів. Є світовим стандартом для проведення молекулярно-динамічних досліджень. Основними його перевагами є безкоштовність, універсальність та новітність. Тут система моделювалась із явним розчинником та фізіологічною концентрацією NaCl протягом 50 нс.

RuMol – програма-візуалізатор. Була використана для аналізу первинної, вторинної та третинної структури цільових молекул.

Як згадувалось раніше, метою нашого дослідження є визначення локалізації та енергії взаємодії калікс [4] арентетрасульфату із кіназою легких ланцюгів. Виходячи із цього був проведений докінг ліганду в каталітичну кишеню кдКЛЛМ (каталітичного домену кінази легких ланцюгів міозину). Найбільш енергетично вирашним виявилось положення каліксарену в каталітичній кишені.

В даному положенні він знаходиться в оточенні позитивно заряджених залишків лізину та аргініну з якими здатен вступати в кулонівські взаємодії. Також тут наявний і аспарагін, що дозволяє припустити утворення водневих зв'язків. В даному випадку донором буде аміногрупа аспарагіну, акцептором – один із атомів оксигену сульфатної групи. Крім того, каліксарен здатен взає-

модіяти безпосередньо із атомами, що беруть участь в утворенні пептидного зв'язку. В даному випадку акцептором буде виступати кисень кетогрупи кістяка білка, а донором – гідроксил нижнього кільця.

Надалі для визначення параметрів взаємодії білок-ліганд, був проведений молекулярно-динамічний експеримент.

Основним інструментом для проведення та аналізу експериментальної частини був використаний пакет для досліджень методом МД – Gromacs. Особливістю даного програмного забезпечення є велика варіабельність параметрів моделювання, тому є доцільним достатньо детально описати процес підготовки та моделювання молекулярно-динамічної системи.

Після докінгу каліксарену в вибраний сайт зв'язування систему було розділено на два окремих файли. Структура кдКЛЛМ була конвертована в формат .pdb, а ліганд в .mol2. Каліксарен – нетипова структура тому силами Gromacs генерувати його топологію неможливо. Для цього був використаний безкоштовний ресурс swissparam.sh. Натомість кіназа – це типова білкова молекула, тому утиліти "pdb2gmx" та силового поля CHARMM27 цілком достатньо для отримання її топології.

Після генерування необхідних даних щодо топології каліксарену та кінази, був власноруч створений файл комплексу протеїн-ліганд та відредаговано файл формату .top кдКЛЛМ, зокрема в тілі файлу було прописане посилання на топологію ліганду.

Для проведення моделювання був вибраний бокс октаедральної симетрії. Такі комірки є найбільш оптимізованими, оскільки мають найкраще співвідношення об'єм/ресурси. Розмір боксу був розрахований автоматично утилітою "editconf" та є таким, що мінімальна відстань від білка до стінки складає 1нм.

Система була сольватована явним розчинником із використанням однієї із найпоширеніших моделей води TIP3P, параметризованої у силовому полі CHARMM27. Незважаючи на деяку "грубість" даної моделі, вона є достатньо реалістичною та найменш ресурсоємкою.

Далі підготовка системи була проведена за загальним алгоритмом, тому буде достатньо описати її загальні положення.

Для нейтралізації зарядів білка та максимального наближення системи до природніх умов був доданий NaCl у фізіологічній концентрації (156 мМ).

Також щоб переконатись, що система не має занадто напружених ділянок (перекривань, жорстких стеричних обмежень, тощо), була проведена мінімізація енергії. Тут був використаний дуже поширений алгоритм найшоршого спуску.

Перед процедурою врівноваження розчинника була додана група закріплення, до якої входили ліганд та білок. Саме врівноваження було проведено стандартно в дві фази. Спочатку система розглядалась як ізотермічно-ізохорична за температури в 300К. Далі як ізотермічно-ізобарична за тієї ж температури.

Після усіх підготовчих етапів система була запущена в утиліті "mdrun" для моделювання на 50 нс з ітерацією в 2 фс.

#### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Оскільки найбільш далекодіючими є кулонівські взаємодії, доцільніше почати саме із їх аналізу, адже саме ці сили будуть орієнтувати ліганд відносно білка в реальному розчині.

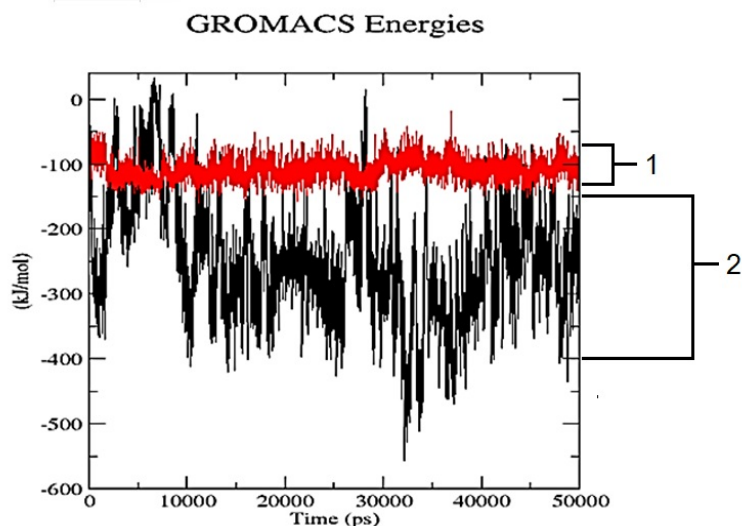


Рис. 1. Графік зміни енергії кулонівських (2) та вандервальсових(1) взаємодій комплексу в часі

На графіку видно, що кулонівські сили є нестабільними в даному комплексі (рис. 1.,2). Спочатку енергія електростатичної взаємодії росте, проте згодом, на восьмій наносекунді, починає падати. Надалі прослідковується поступове посилення іонної взаємодії. В певні періоди спостерігаються значні флуктуації, як в сторону посилення взаємодії, так і в сторону її послаблення. Цілком можливо, що в даному комплексі електрос-

татичні взаємодії є важливими на значних відстанях. Вони можуть виконувати орієнтувальну функцію, оскільки, хоч і мають значний ступінь свободи, характеризуються достатньо значною силою взаємодії, із середнім падінням вільної енергії в  $\sim -122$  кДж/моль.

Якщо на дальніх відстанях значний внесок мають іонні взаємодії, то на рівні кількох ангстрем великого значення набувають водневі та вандерваальсові взаємодії.

### Hydrogen Bonds

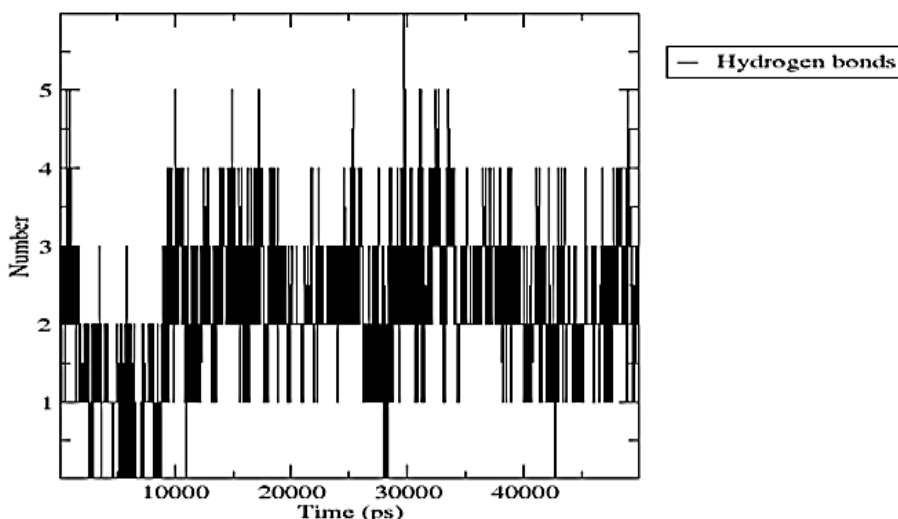


Рис. 2. Графік динаміки утворення водневих зв'язків між каліксареном та кіназою легких ланцюгів міозину

Як згадувалось раніше, значний внесок у взаємодію білок-ліганд даного комплексу можуть мати водневі зв'язки (рис. 2). Тенденцію до такого типу взаємодії можна було спрогнозувати вже на рівні докінгу. Так і виявилось. Середнє значення кількості водневих зв'язків коливається на рівні 2-3, що є достатньо непоганим показником. Враховуючи, що середнє значення енергії розриву водневого зв'язку коливається в межах 25 кДж/моль, на близьких відстанях загальна енергія системи ще сильніше падає і буде становити  $\sim -200$  кДж/моль.

Крім водневих зв'язків на близькій відстані великого значення набувають вандерваальсові взаємодії (рис. 1.,1). Незважаючи на незначну силу даного типу зв'язку, із графіку видно, що достатньо значна частина падіння загальної вільної енергії системи припадає саме на ці взаємодії. Їх середня енергія дорівнює в даному випадку  $\sim -109$  кДж/моль. Що в сумі із попередніми типами взаємодій дає достатньо значну енергію зв'язування в  $\sim -300$  кДж/моль за фізіологічних умов.

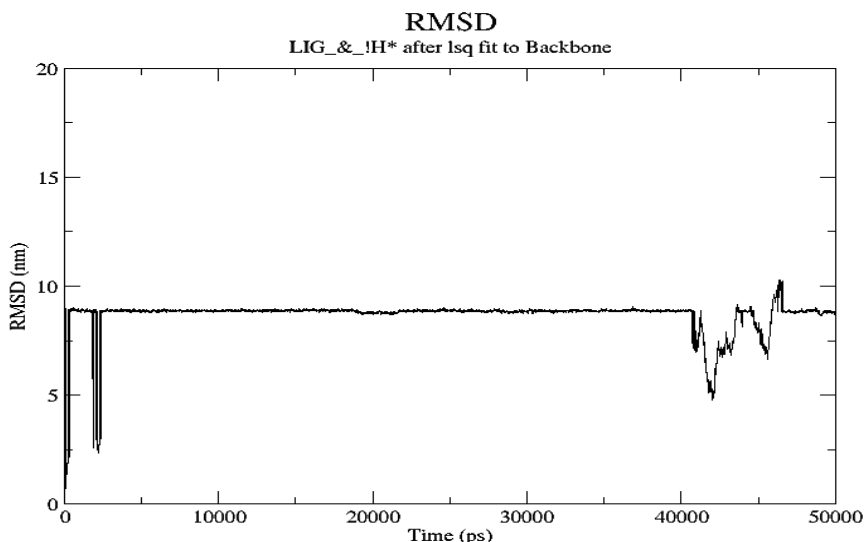


Рис. 3. Графік RMSD

Для підсумування попередніх результатів та створення більш наглядної картини, був використаний графік середньоквадратичного відхилення координат атомів ліганду (RMSD) (рис. 3.). Він дозволяє побачити як змінювалось положення ліганду відносно його початкового положення з часом.

Як видно з графіку, система достатньо швидко стабілізувалась і вже на третій наносекунді відхилення ліганду становили не більше 0,1 ангстрема, що є дуже гарним значенням для будь-якої стабільної структури, включаючи і протеїн-лігандні комплекси.

На сороковій наносекунді можна спостерігати достатньо значні аберації. За умови відсутності достатньо стабільної ділянки в 35нс можна було б сказати, що система дуже нестабільна, проте це твердження є хибним. У даному випадку утиліта "energy" розпізнала перехід ліганду через стінку боксу як аберацію. Про це свідчить і надзвичайно швидка стабілізація ліганду у вихідному положенні на 48мій наносекунді.

**Висновки.** З огляду на все вище сказане можна стверджувати, що утворення комплексу між калікс[4]арентетрасульфатом та КЛЛМ є достатньо ймовірним. Значна енергія далекодіючих кулонівських та близькодіючих ван-дерваальсових взаємодій, велика кількість водневих зв'язків і, як наслідок, висока стабільність комплексу наштовхують саме на таку думку.

Крім того, отримані результати свідчать про те, що ліганд зв'язується із КЛЛМ у каталітичній кишені, тому можна припустити вплив калікс [4] арентетрасульфату на її каталітичну активність. Зміна ферментативної активності кінази, в свою чергу, може впливати на фармакологічну картину цільового препарату. Тому можна стверджувати, що використання даного каліксарену як системи для доставки ліків є недоцільним.

#### Список використаних джерел:

1. Киназа легких цепей миозина mylk1: анатомия, взаимодействия, функции и механизмы регуляции / А. Хапчаев, В. Ширинский // Успехи биологической химии. – 2016. – Т. 56. – С. 211–258.

2. The ZEB1/miR-200c feedback loop regulates invasion via actin interacting proteins MYLK and TKS5 / V. Sundararajan, N. Gengenbacher, M. Stemmler et al. // *Oncotarget*. – 2015. – Vol. 6(29). – P. 27083–27096.

3. Wenchao H. Myosin Light Chain Kinase Is Involved in the Mechanism of Gastrointestinal Dysfunction in Diabetic Rats / H. Wenchao, F. Ping // *Digestive Diseases and Sciences*. – 2012. – Vol. 57(5). – P. 1197–1202.

4. Caveolin-1-dependent occludin endocytosis is required for TNF-induced tight junction regulation in vivo / A. Marchiando, L. Shen, W. Graham et al. // *J. Cell Biol.* – 2010. – Vol. 189(1). – P. 111–126.

5. Wray S. Insights from physiology into myometrial function and dysfunction / S. Wray // *Experimental physiology*. – 2015. – Vol. 100(12). – P. 1468–1476.

6. Фосфорилирование миозина как основной путь регуляции сокращения гладких мышц / А. Воронников, О. Щербаклова, Т. Кудряшова и др. // *Российский физиологический журн. им. И.М.Сеченова*. – 2009. – Т. 95(10). – С. 1058–1073.

7. Yue Z. Controlled drug delivery systems based on calixarenes / Z. Yue, L. Hui, Y. Ying-Wei // *Chinese Chemical Letters*. – 2015. – Vol. 26(7). – P. 825–828.

#### Reference

1. Hapchaev A., Shirinskiy V. Myosin light chain kinase mylk1: anatomy, interactions, functions and regulatory mechanisms. *Uspehi biologicheskoy khimii*. 2016; 56:211–258.

2. Sundararajan V., Gengenbacher N., Stemmler M., Kleemann J., Brabletz T., Brabletz S. The ZEB1/miR-200c feedback loop regulates invasion via actin interacting proteins MYLK and TKS5. *Oncotarget*. 2015;6(29): 27083–27096.

3. Wenchao H., Ping F. Myosin Light Chain Kinase Is Involved in the Mechanism of Gastrointestinal Dysfunction in Diabetic Rats. *Digestive Diseases and Sciences*. 2012; 57(5): 1197–1202.

4. Marchiando A., Shen L., Graham W., Weber C., Schwarz B., Austin J., Raleigh D., Guan Y., Watson A., Montrose M., Turner J. Caveolin-1-dependent occludin endocytosis is required for TNF-induced tight junction regulation in vivo. *J. Cell Biol.* 2010; 189(1): 111–126.

5. Wray S. Insights from physiology into myometrial function and dysfunction. *Experimental physiology*. 2015; 100(12): 1468–1476.

6. Voronnikov A., Scherbakova O., Kudryashova T., Tarasova O., Shirinskiy V., Pfittser G., Tkachuk V. Myosin phosphorylation as the main pathway for the regulation of smooth muscle contraction. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal. I.M. Sechenova*. 2009; 95(10): 1058–1073.

7. Yue Z., Hui L., Ying-Wei Y. Controlled drug delivery systems based on calixarenes. *Chinese Chemical Letters*. 2015; 26(7): 825–828.

Надійшла до редколегії 13.05.19

Отримано виправлений варіант 14.06.19

Підписано до друку 14.06.19

Received in the editorial 13.05.19

Received a revised version on 14.06.19

Signed in the press on 14.06.19

А. Заремба, студ.  
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина,  
М. Платонов, канд. биол. наук  
Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины, Киев, Украина

### ПОИСК САЙТА СВЯЗЫВАНИЯ КАЛИКС [4] АРЕНОВ С КИНАЗОЙ ЛЕГКИХ ЦЕПЕЙ МИОЗИНА МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

Нарушение функциональной активности гладких мышц человека связывают с большим количеством патологических состояний человеческого организма. Киназа легких цепей миозина является ключевым ферментом сигнального каскада передачи нейрогуморальных сигналов в гладкомышечных клетках. Особенно важна ее роль в длительном тоническом сокращении. Нарушение её киназной активности способно привести к ослаблению межклеточного взаимодействия эпителиальных и эндотелиоцитов, нарушению работы гладких мышц кишечника и сосудов, осложнению родовой деятельности.

На данный момент проводится поиск эффекторов данного фермента. Проблема в том, что большинство лекарств отсеивается на общеорганизменном уровне в связи с токсическим влиянием на другие ткани (органы) или неблагоприятными химическими и физическими свойствами. Такие вещества требуют адаптеров (переносчиков), лишенных этих недостатков и инертных *in vivo*. Наиболее перспективными являются каликсарены.

В данном исследовании был использован метод молекулярной динамики для определения стабильности комплекса калликса [4] арентетрасульфата и каталитического домена киназы легких цепей миозина. Сначала путем докинга было определено наиболее благоприятное положение калликсарена, им оказался каталитический карман киназы. После этого был проведен собственно молекулярно-динамический эксперимент для определения энергии взаимодействия. Оказалось, что общая энергия взаимодействия составляет около -300 кДж/моль. Этот показатель свидетельствует о достаточно высокой стабильности комплекса. Учитывая размещение лиганда, можно предположить его влияние на ферментативную активность киназы, поэтому использование, как минимум, этого калликсарена в качестве системы доставки лекарств представляется нецелесообразным.

Ключевые слова: киназа легких цепей миозина, КЛЦМ, каликсарены, калликс [4] арентетрасульфат, молекулярная динамика, докинг, Gromacs.

A. Zarembo, stud.  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,  
M. Platonov, Ph.D  
Institute of Molecular Biology and Genetics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

### SEARCH OF THE BINDING SITE OF THE CALIX [4] ARENE WITH THE MYOSIN LIGHT-CHAIN KINASE BY MOLECULAR DYNAMICS METHOD

Disruptions of the functional activity of human smooth muscle are associated with a significant number of pathological conditions of the human body. The myosin light-chain kinase is the key enzyme of the signaling cascade of neurohumoral signals in smooth muscle cells. Especially it is important in the long-term tonic contraction. Disruption of its kinase activity can lead to a weakening of the intercellular interaction of the epithelial and endothelial cells, disruption of functioning of the intestinal smooth muscles and vessels, complication of labor activity.

At the moment the search for effectors of this enzyme is being carried out. The problem is that most drugs are removed at the general body level due to toxic effects on other tissues (organs) or adverse chemical and physical properties. Such substances require adapters (carriers) devoid of these defects and inert *in vivo*. The most promising are calixarenes.

In this study, the molecular dynamics method was used to determine the stability of the calix [4] arenetetrazulphate complex and the myosin light-chain kinase catalytic domain. Initially, by means of docking, the most favorable position of calixarene was determined; it turned out to be a catalytic kinase pocket. After that, the molecular-dynamic experiment was conducted to determine the energy of interaction. It turned out that the total energy of the interaction is about -300 cJ/mol. This indicates the high stability of the complex. Due to the location of the ligand, its effect on the enzymatic activity of the kinase can be assumed, therefore, the use of this calixarene as a drug delivery system seems inappropriate.

Key words: myosin light-chain kinase, MLCK, calixarene, calix [4] arenetetrazulphate, molecular dynamics, docking, Gromacs.

УДК 612,35:616.36

В. Андрусак, студ.,  
В. Кравченко, канд. биол. наук  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСВОЄННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНДИВІДУАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНОГО СТИЛЮ

У роботі вивчали особливості засвоєння інформації людьми з різними індивідуальними навчальними стилями згідно з популярною в освітній сфері класифікацією VARK (Visual, Auditory, Reading, Kinesthetic) шляхом проведення порівняльного аналізу запам'ятовування змісту художнього та наукового текстів, а також електричної активності мозку при читанні чи прослуховуванні тексту у 103 студентів. Виявлено, що спосіб подачі тексту, який відповідає індивідуальному навчальному стилю, не підвищує ефективності його запам'ятовування. Аудіали краще засвоювали зміст художнього тексту, презентованого візуально, ніж візуали. Аудіали та кінестетики виявили гіршу доготривалу пам'ять щодо деталей художнього тексту як після читання, так і прослуховування. Установлено, що, незалежно від домінуючого навчального стилю, прослуховування текстів супроводжується більшим мозковим когнітивним навантаженням порівняно з читанням, що відображувалося генералізованим збільшенням спектральної потужності в тета-діапазоні ЕЕГ. Читання супроводжувалося більшою спектральною потужністю в дельта-діапазоні порівняно із прослуховуванням для представників усіх навчальних стилів, окрім візуалів. У кінестетиків під час читання художнього уривка збільшувалась спектральна потужність високочастотного бета-діапазону ЕЕГ у лівих скроневопотилічних ділянках, що вказує на їх високий рівень емоційної напруги при читанні порівняно із прослуховуванням. Мозкові механізми забезпечення уваги та робочої пам'яті під час сприйняття інформації мали специфічні ЕЕГ кореляції в обстежуваних із різним індивідуальним стилем навчання, що однак не позначалося на відмінностях в ефективності засвоєння інформації представниками зазначених груп.

Ключові слова: ЕЕГ, засвоєння інформації, пам'ять, текстовий формат, аудіоформат, індивідуальний навчальний стиль.

**Вступ.** У сучасному освітньому середовищі здобувачі освіти стикаються із прогресивно зростаючими обсягами інформації, потрібної для засвоєння. При цьому завдяки розвитку освітніх технологій форма по-

дачі інформації з кожним роком стає все більш різноманітною. Процес навчання давно вийшов за межі класичної аудиторії і відбувається фактично всюди, де є доступ до інтернету та використання цифрових носіїв