



УКРАЇНА

(19) UA (11) 64025 (13) U
(51) МПК (2011.01)
G01N 33/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) КОНДУКТОМЕТРИЧНА БІОСЕНСОРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ L-АРГІНІНУ В РОЗЧИНІ

1

2

(21) u201104302

(22) 08.04.2011

(24) 25.10.2011

(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.

(72) САЯПІНА ОЛЬГА ЯРОСЛАВІВНА, ДЗЯДЕВИЧ СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, СОЛДАТКІН ОЛЕКСІЙ ПЕТРОВИЧ, СТАСЮК НАТАЛІЯ ЄВГЕНІВНА, ГАЙДА ГАЛИНА ЗУФАРІВНА, ГОНЧАР МИХАЙЛО ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ І ГЕНЕТИКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ КЛІТИН НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Кондуктометрична біосенсорна система для визначення концентрації L-аргініну в розчині, що містить кондуктометричну установку та два конду-

ктометричні біосенсори, кожний з яких складається з перетворювача на основі двох ідентичних пар золотих гребінчастих електродів, при цьому в кожному кондуктометричному біосенсорі на одну пару електродів нанесена робоча ферментна мембрана, а на другу пару електродів нанесена мембрана порівняння на основі сироваткового альбуміну білка, один кондуктометричний біосенсор забезпечений двоферментною мембраною на основі аргінази та уреази та призначений для сумарного визначення L-аргініну та сечовини, другий кондуктометричний біосенсор забезпечений ферментною мембраною на основі уреази та призначений для визначення сечовини, при цьому виходи двох кондуктометричних біосенсорів підключені до відповідних входів кондуктометричної установки.

Пропонована корисна модель належить до галузі охорони здоров'я, тваринництва та харчової промисловості і може бути застосована, зокрема, для визначення концентрації L-аргініну в розчинах з метою вивчення функціонального стану ферментативної системи людини і тварин, визначення якості харчових продуктів, та може бути використана, як конструктивний елемент аналітичної системи, призначеної для біохімічного аналізу сироватки крові та витяжок з м'яса та м'ясопродуктів з метою діагностики порушень білкового обміну та викликаних ними патологічних змін у роботі органів і систем організму, а більш конкретно до кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині.

Визначення L-аргініну в плазмі крові проводиться при внутрішньовенному введенні аргініну в процесі діагностики та експериментального дослідження захворювань ендокринної системи [1, 2]. Відомо також, що визначення концентрації L-аргініну в сироватці крові дозволяє діагностувати та вивчати особливості перебігу таких складних захворювань, як туберкульоз легенів [3], колоректальний рак [4], Зокрема встановлено, що у хворих на туберкульоз легенів спостерігається зниження загального рівня вільних амінокислот у сироватці

крові. При діагностиці колоректального раку L-аргінін виконує роль додаткового маркера до аргінази сироватки крові на початковій та метастатичній стадіях колоректального раку. Необхідність визначення концентрації L-аргініну під час діагностики та терапії колоректального раку пояснюється тим, що карциномембранний антиген (КЕА), який на сьогодні є найбільш розповсюдженим маркером на початковій і метастатичних стадіях раку, є недостатньо чутливим. Однак при спільному використанні КЕА та L-аргініну чутливість комбінованих тестів підвищується до 100 % [4]. Вимірювання концентрації аргініну в сечі дозволяє відрізнити гомозиготну цистинурію від інших її типів [2].

У харчовій промисловості визначення вмісту L-аргініну в амінокислотному складі сировини проводиться з метою порівняння біохімічної цінності різних сортів м'яса та м'ясопродуктів [5].

Амінокислота L-аргінін (α -аміно- δ -гуанідиновалеріанова кислота) - попередник орнітину, цитруліну, глутамату, глутатіону, гамма-аміномасляної кислоти, спермітину та інших сполук - одна з найбільш поляризованих, позитивно заряджених амінокислот [6].

UA (11) 64025 (13) U

Будучи умовно незамінною для дорослих і незамінною для дітей амінокислотою, аргінін стимулює продукцію соматотропного гормону, і дефіцит аргініну в харчуванні сповільнює ріст організму. Імуномодуюча функція L-аргініну полягає у здатності підвищувати активність Т-клітинного імунітету, усуваючи імунодефіцитні стани. Введення аргініну значно зменшує втрати азоту та маси тіла в посттравматичний і післяопераційний періоди, та сповільнює розвиток пухлин. Дефіцит L-аргініну підвищує також ризик розвитку діабету другого типу.

Метаболізм L-аргініну йде, як мінімум, двома альтернативними шляхами: 1) окисним (за участі NO-синтази) з утворенням L-цитруліну та NO; 2) неокисним (за участі аргінази) з утворенням L-орнітину та сечовини. Можливе одночасне протікання цих двох процесів.

У біосистемах L-аргінін відіграє важливу роль у синтезі ряду анаболічних гормонів, поліамінів та оксиду азоту. Практично весь ланцюг перетворень L-аргініну в похідні (орнітин, путресцин, спермідин, альфа-кетоглутарат) відбувається в трьох органах - кишечнику, печінці та нирках [6].

На сьогодні визначення концентрації L-аргініну в розчинах проводиться методами іонообмінної та тонкошарової хроматографії, спектрофотометрії, колориметрії, радіометрії, ензиматичним методом за кінцевою точкою титрування [2, 5, 7-11].

Основним недоліком більшості з цих методів є їх невисока специфічність до L-аргініну. Крім того, застосування цих методів вимагає залучення великої кількості досліджуваного матеріалу. Визначення аргініну на основі аргіназної реакції проводять з використанням уреазі або методом спектрофотометрії, але при цьому аналізувати можна лише білкові гідролізати, які не містять сечовину. А тому ці методи непридатні для специфічного визначення L-аргініну в зразках плазми та сечі, де спостерігається високе співвідношення сечовини та аргініну. Застосування колориметричного методу визначення аргініну обмежується тим, що на точність вимірювань можуть впливати відносно високі концентрації інших хромогенних амінокислот, присутніх у плазмі та сечі (лізин, пролін, цитрулін). У роботі [2] повідомляється про можливість відокремлювати L-аргінін від хромогенних сполук, застосовуючи іонообмінні смоли. Однак у цьому випадку процедура визначення ускладнюється, оскільки через сильну адсорбцію на іонообмінниках і аргініну, і орнітину, для селективного вилучення L-аргініну потрібно застосовувати соляну кислоту. Крім того, встановлено, що в зразках сечі елюйовані фракції аргініну містять інші хромогенні сполуки, а тому, щоб уникнути впливу інтерферуючих речовин, їх потрібно екстрагувати бензеном.

На основі проведення патентно-інформаційних досліджень авторами роботи було встановлено, що на сьогодні в галузі біосенсорики існує обмежена кількість даних щодо розробки біосенсорів для визначення L-аргініну. При цьому, існуючі біосенсиори та біосенсорні системи для визначення L-аргініну є переважно амперометричними. Зокрема, у роботі [12] повідомляється про розробку інтегра-

льних амперометричних біосенсорів для визначення L-амінокислот. Конструктивно кожний з таких біосенсорів складався з кисневого електроду та газопроникної мембрани, і зокрема біоселективним елементом сенсора для визначення L-аргініну була декарбоксилаза аргініну (E.C. 4.1.1.19).

У іншій роботі описано метод визначення L- та D-амінокислот за допомогою друкованих триелектродних амперометричних біосенсорів на основі оксидаз амінокислот [13]. Розроблені біосенсиори використовувалися для моніторингу процесів дозрівання молока.

У праці [14] повідомляється про розробку амоній-чутливого біосенсора для визначення L-аргініну, у якому аргіназа (E.C. 3.5.3.1) та уреаза (E.C. 3.5.1.5) були ковалентно іммобілізовані на поверхні карбоксильованої полівінілхлоридної іон-селективної мембрани за допомогою карбодііміду та глутарового альдегіду. Принцип роботи такого біосенсора полягав у послідовному розщепленні L-аргініну до іонів амонію за участю двоферментної системи.

У роботі [15] описано ферментний біосенсор, у якому аргіназа та уреаза були включені в желатинову мембрану та іммобілізовані на поверхні pH-електрода за допомогою глутарового альдегіду. Також існують дані про вимірювання L-аргініну за допомогою сенсорної системи на основі явищ поверхневих акустичних хвиль і змін провідності [16]. Принцип роботи такої системи полягав у гідролізі L-аргініну за участю аргінази та уреазі з подальшим вимірюванням частотного зсуву, який відбувався в результаті генерування іонів у ході ензиматичних реакцій.

Аналізуючи існуючі на сьогодні методи визначення концентрації L-аргініну, можна зробити висновки, що переважна їх кількість потребує значних витрат часу, додаткової пробопідготовки, високої кваліфікації персоналу та, в цілому, методи є дорогими. Створення біосенсорів для визначення L-аргініну може спростити та покращити систему моніторингу концентрації L-аргініну в галузі охорони здоров'я, тваринництва та харчової промисловості.

Під час підготовки заявки на пропоновану картину модель авторами не були виявлені кондуктометричні біосенсорні системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині.

Кондуктометричні перетворювачі мають ряд важливих переваг у порівнянні з іншими електрохімічними перетворювачами. Зокрема, це відсутність технологічно складного електрода порівняння; використання змінної напруги малої амплітуди, що дозволяє уникати фарадеївських процесів на електродах; відсутність світлочутливості; можливість мініатюризації біосенсорів і використання недорогої тонкоплівчастої стандартної технології їх виготовлення [17]. Це робить економічно вигідним навіть одноразове використання кондуктометричних перетворювачів, значно розширює сферу їх застосування, зокрема в польових умовах [18, 19]. І як наслідок, застосування кондуктометричних біосенсорів дозволяє вирішити ряд важливих науково-дослідних і виробничих задач, які не підда-

ються вирішенню класичними методами кількісного аналізу.

Тому в основу пропонованої корисної моделі поставлено задачу створення кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині.

Поставлена задача вирішується пропованою кондуктометричною біосенсорною системою для визначення концентрації L-аргініну в розчині, що містить кондуктометричну установку та два кондуктометричні біосенсиори, кожний з яких складається з перетворювача на основі двох ідентичних пар золотих гребінчастих електродів, при цьому в кожному кондуктометричному біосенсорі на одну пару електродів нанесена робоча ферментна мембрана, а на другу пару електродів нанесена мембрана порівняння на основі сироваткового альбуміну білка, один кондуктометричний біосенсор забезпечений двоферментною мембраною на основі аргінази та уреазы та призначений для сумарного визначення L-аргініну та сечовини, другий кондуктометричний біосенсор забезпечений ферментною мембраною на основі уреазы та призначений для визначення сечовини, при цьому виходи двох кондуктометричних біосенсів підключені до відповідних входів кондуктометричної установки.

Використання пропонованої кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині дало одночасно і такі переваги, як висока чутливість і селективність, простота у використанні, швидкість проведення вимірювань. Крім того, невеликий розмір пропонованої системи дозволив значно зменшити витрати на реактиви та матеріали, зручно та безпечно її транспортувати.

Суть пропонованої корисної моделі пояснюється графічними матеріалами, де:

на Фіг.1 схематично приведено блок-схему портативної кондуктометричної системи, до якої підключені виходи двох кондуктометричних біосенсів;

на Фіг.2 схематично приведено схему кондуктометричних біосенсів, що входять до складу кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині;

на Фіг.3 приведено структурну діаграму вимірювального каналу портативної кондуктометричної системи, до якої підключені виходи двох кондуктометричних біосенсів;

на Фіг.4 подано типові відгуки кондуктометричного біосенсора на L-аргінін і сечовину, отримані в режимі реального часу;

на Фіг.5 приведено калібрувальні криві залежності зміни провідності робочої мембрани кондуктометричного біосенсора на основі аргінази та уреазы, від концентрації L-аргініну та сечовини.

Кондуктометрична біосенсорна система для визначення концентрації L-аргініну в розчині (Фіг.1) складається з магнітної мішалки 1 мм, робочої комірки для досліджуваного розчину 2 РК, двох кондуктометричних біосенсів 3 і 4 КБС, що підключені через блок тримача 5 БТ до блока електронних вимірювань, що складається з двох модулів: модуля вторинних перетворювачів 6 (МВП) та основного контрольно-вимірювального модуля 7

(ОКВМ). Обидва модулі забезпечені блоком живлення 8 БЖ. До складу вимірювального блока входять також персональний комп'ютер 9 ПК та відповідне програмне забезпечення. Магнітна мішалка 1 мм забезпечує гомогенізацію розчину з метою підтримання однорідного концентраційного поля в комірці для вимірювань протягом усього часу роботи біосенсів.

Теоретичні обґрунтування етапів створення, функціонування та використання портативної кондуктометричної системи детально описані в роботі [20]. Кожний кондуктометричний біосенсор (Фіг.2) складається з двох ідентичних пар золотих гребінчастих електродів 10 і 11 та 12 і 13, на одні з яких, а саме 10 та 12, наносили робочі ферментні мембрани 14 і 15 та мембрани порівняння 16 і 17 на 11 та 13. Робоча ферментна мембрана кондуктометричного біосенсора для визначення L-аргініну 14 містила аргіназу та уреазу, а робоча ферментна мембрана кондуктометричного біосенсора для визначення сечовини 15 містила уреазу. Мембрани порівняння 16 і 17 кожного кондуктометричного біосенсора містили сироватковий альбумін бика в кількості, що рівна кількості білка в робочій ферментній мембрані відповідного кондуктометричного біосенсора. Кожна пара гребінчастих електродів була вкрита шаром ізолюючого матеріалу 18.

Імобілізацію робочої ферментної мембрани та мембрани порівняння кожного кондуктометричного біосенсора проводили за допомогою поперечної зшивки глутаровим альдегідом. Для створення робочої мембрани кондуктометричного біосенсора для визначення L-аргініну готували розчин, який містив 5 % аргінази рекомбінантного штаму дріжджів *Il.polyomorpha* NCYC495, 5 % уреазы (*Canavalia ensiformis*), 5 % сироваткового альбуміну бика (BCA), 20 % гліцерину та 40 мМ-ий розчин калій-фосфатного буфера (pH 7,5). Розчин для приготування мембрани порівняння містив 15 % BCA, 20 % гліцерину та 40 мМ-ий розчин калій-фосфатного буфера (pH 7,5). Усі розчини готували на ультра-чистій воді. Перед безпосереднім нанесенням на чутливу поверхню електродної пари кожний розчин змішували у співвідношенні 1:1 з 1 %-им водним розчином глутарового альдегіду (ГА). Рівномірний розподіл плівок на поверхні електродів проводили за допомогою мікропіпетки. Після нанесення біоселективних елементів кондуктометричний біосенсор для визначення L-аргініну залишали в темному місці на 20 хвилин для проходження процесу імобілізації. Перед початком роботи кондуктометричний біосенсор розташовували у комірці для вимірювань, заповненій калій-фосфатним буферним розчином, і протягом 20 хвилин відмивали від глутарового альдегіду, що не зв'язався. Типові відгуки кондуктометричного біосенсора на основі аргінази та уреазы подано на Фіг.4; відгуки знімалися в режимі реального часу.

Для створення робочої мембрани кондуктометричного біосенсора для визначення сечовини готували розчин, який містив 5 % уреазы (*Canavalia ensiformis*), 5 % BCA, 20 % гліцерину та 40 мМ-ий розчин калій-фосфатного буфера (pH 7,5). Розчин для приготування мембрани порівняння містив 10 % BCA, 20 % гліцерину та 40 мМ-

ий розчин калій-фосфатного буфера (рН 7,5). Усі розчини готували на ультра-чистій воді. Перед безпосереднім нанесенням на чутливу поверхню електродної пари кожний розчин змішували у співвідношенні 1:1 з 1 %-им водним розчином глутарового альдегіду (ГА). Рівномірний розподіл плівок на поверхні електродів проводили за допомогою мікропіпетки. Після нанесення біоселективних елементів кондуктометричний біосенсор для визначення сечовини залишали в темному місці на 10 хвилин для проходження процесу іммобілізації. Перед початком роботи кондуктометричний біосенсор розташовували в комірці для вимірювань, заповненій фосфатним буферним розчином і протягом 20 хвилин відмивали від ГА, що не зв'язався.

Принцип роботи портативної кондуктометричної установки пояснюється за допомогою структурної схеми (Фіг.3). Модуль вторинних перетворювачів МВП складається з чотирьох вторинних перетворювачів ВП1-ВП4, кожний з яких має компенсаційну мостову схему. Вихідні імпеданси (Z) кожної пари кондуктометричного перетворювача КП об'єднані у замкнутий ланцюг визначеного вторинного перетворювача ВП. У процесі роботи кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині до кондуктометричних біосенсорів надходить з генератора змінних струмів Г синусоїдальна напруга з частотою 20-30 кГц і амплітудою 10 мВ. Вихідна напруга кожного вторинного перетворювача ВП є пропорційною різниці імпедансів кондуктометричного перетворювача КП, що належить відповідному кондуктометричному біосенсору КБС. Вихідні потенціали вторинних перетворювачів послідовно надходять до входу основного контрольно-вимірювального модуля ОКВМ за допомогою електронного перемикача К1. Два синхронні детектори CD1 та CD2 призначені для розділення вихідного сигналу вторинного перетворювача на дві компоненти, реальну та уявну, в залежності від напруги генератора Г. Ці компоненти через електронний перемикач К2 послідовно надходять до входу інтегрального аналого-цифрового перетворювача (АЦП), а потім через цифровий код - до мікроконтролера (МК). МК регулюється програмним забезпеченням при нижньому рівні, який забезпечує обмін інформацією між АЦП і ПК та контроль над генератором Г і роботою перемикачів К1-К2. ОКВМ забезпечений клавіатурою К та індикаторним блоком ІБ для автономного (без залучення ПК) функціонування портативної кондуктометричної установки.

Алгоритм роботи портативної кондуктометричної установки складається з двох етапів: попереднього врівноважування мостової схеми та визначення результатів біохімічної реакції. На першому етапі КБС розташовували у буферному розчині, який не містить аналізованої речовини (L-аргініну та/або сечовини). За допомогою елементів регулювання мостової схеми вторинних перетворювачів ВП1-ВП4 поступово врівноважували за двома компонентами вихідної напруги, реальною та уявною. Після цього результати вимірювань вихідної напруги вторинних перетворювачів ВП1-ВП4 об-

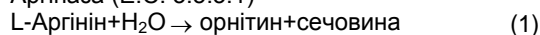
робляли, виводили на індикаторний блок ІБ та використовували як врівноважений параметр.

На другому етапі в комірку для вимірювань, заповнену буферним розчином, вносили аліквоту досліджуваного зразка. Біохімічні реакції, які відбуваються в біоселективних мембранах КБС, призводять до виникнення незбалансованих потенціалів на виходах вторинних перетворювачів ВП. Їх реальні компоненти, пропорційні концентрації L-аргініну та/або сечовини, перетворюються на цифрові коди, які надходять до ПК через порт інтерфейсу RS-232. Після цього вони відображаються на цифровому індикаторі в автономному режимі. Персональний комп'ютер з програмним забезпеченням вищого рівня здійснював автоматичний контроль над комплексом вимірювань, забезпечував його повну обробку, накопичення та графічне відображення результатів.

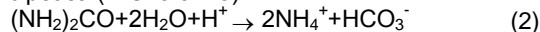
Оскільки кондуктометричний біосенсор для визначення L-аргініну на основі аргінази та уреаз дає відгук і на L-аргініну, і на сечовину, для визначення концентрації L-аргініну в досліджуваних зразках необхідною була наявність кондуктометричного біосенсора для селективного визначення сечовини. У зв'язку з цим вимірювання L-аргініну в досліджуваних зразках проводили в два етапи. Спочатку отримували відгук на сечовину (реакція відбувалася в робочій одноферментній мембрані кондуктометричного біосенсора для визначення сечовини), а потім отримували відгук на L-аргінін (за допомогою кондуктометричного біосенсора для визначення L-аргініну). Після знаходження різниці між відгуками двох кондуктометричних біосенсорів концентрацію L-аргініну визначали за калібрувальною кривою (Фіг.5).

В основу роботи одного з кондуктометричних біосенсорів, що входить до складу кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині, покладено наступний каскад ферментативних реакцій:

Аргіназа (Е.С. 3.5.3.1)



Уреаза (Е.С. 3.5.1.5)



Сечовина

У процесі перетворень, згідно з реакцією, (1) відбувається гідроліз молекули L-аргініну до орнітину та сечовини за участю аргінази (Е.С. 3.5.3.1). Після цього відповідно до реакції (2) уреаз (Е.С. 3.5.1.5) розкладає молекулу сечовини на амоній і залишок вугільної кислоти. При цьому змінюється концентрація носіїв заряду, що і реєструється за допомогою кондуктометричного перетворювача.

Оскільки в реальних зразках присутні одночасно і L-аргінін, і сечовина, для селективного визначення в розчині L-аргініну, було запропоновано також кондуктометричний біосенсор, який визначає лише концентрацію сечовини. Вимірювання сечовини за допомогою другого кондуктометричного біосенсора, що входить до складу кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині, відбувається за реакцією (2).

Під час розробки кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-

аргініну в розчині склад робочих ферментних мембран і мембран порівняння двох кондуктометричних біосенсорів вибирався експериментально з метою досягнення придатних аналітичних характеристик відповідних біосенсорів.

Операційні процедури при вимірюванні L-аргініну за допомогою пропонованої кондуктометричної біосенсорної системи для визначення концентрації L-аргініну в розчині автори корисної моделі проводили в наступній послідовності:

- 1) готували розчин білків для робочої ферментної мембрани та мембрани порівняння кондуктометричного біосенсора для визначення L-аргініну;
- 2) готували розчин білків для робочої ферментної мембрани та мембрани порівняння кондуктометричного біосенсора для визначення сечовини;
- 3) проводили іммобілізацію робочих ферментних мембран і мембран порівняння за допомогою глутарового альдегіду;
- 4) закріплювали виходи двох кондуктометричних біосенсорів у блоці тримачів БТ портативної кондуктометричної установки (Фіг.1);
- 5) розташовували два кондуктометричні біосенсиори в комірці для вимірювань, заповненій калій-фосфатним буферним розчином, та відмивали їх від залишків ГА протягом 20 хвилин;
- 6) за допомогою елементів регулювання врівноважували мостові схеми кожного кондуктометричного біосенсора за двома компонентами та розпочинали вимірювання, отримавши спочатку стабільний початковий сигнал від кожного кондуктометричного біосенсора;
- 7) вносили в комірку для вимірювань аликвоту модельного розчину L-аргініну визначеної концен-

трації та отримували відгук, пропорційний кількості L-аргініну в розчині;

- 8) відмивали кондуктометричні біосенсиори у фосфатному калій-буферному розчині протягом 5-10 хвилин;

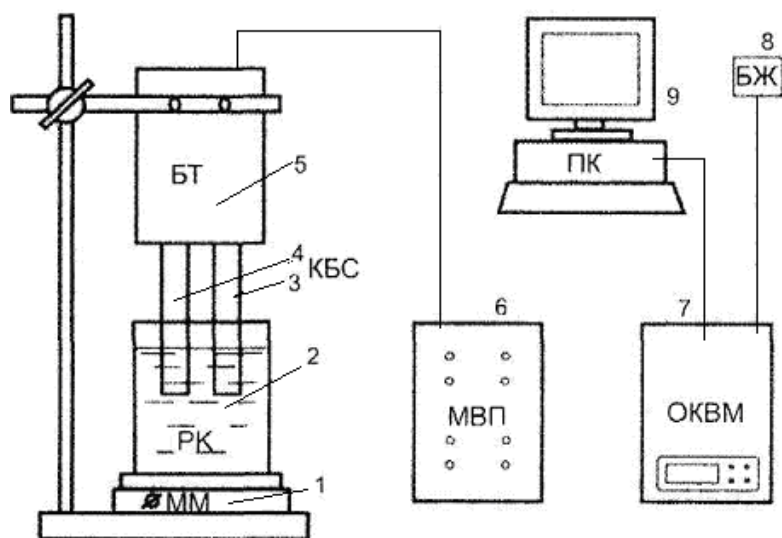
9) збільшували поступово об'єм модельного розчину L-аргініну визначеної концентрації, будували калібрувальну криву залежності зміни провідності робочої мембрани кондуктометричного біосенсора для визначення L-аргініну від концентрації L-аргініну в розчині;

- 10) відмивали кондуктометричні біосенсиори у фосфатному буферному розчині протягом 20 хвилин;

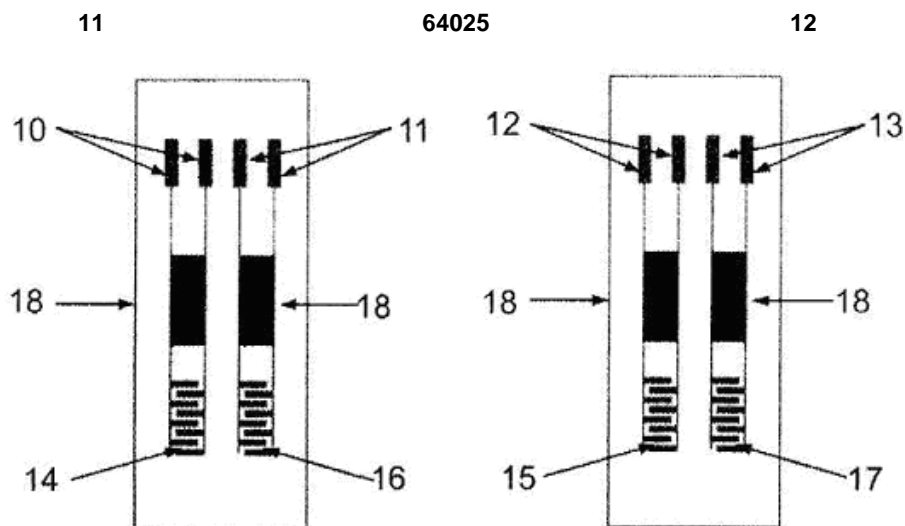
11) повторювали процедури за п.5, п.9, але в комірку для вимірювань замість модельного розчину L-аргініну визначеної концентрації вносили модельний розчин сечовини визначеної концентрації;

12) розраховували концентрацію L-аргініну в розчині за різницею відгуків на L-аргінін та сечовину (відгук, що отриманий за допомогою кондуктометричного біосенсора на основі уреази).

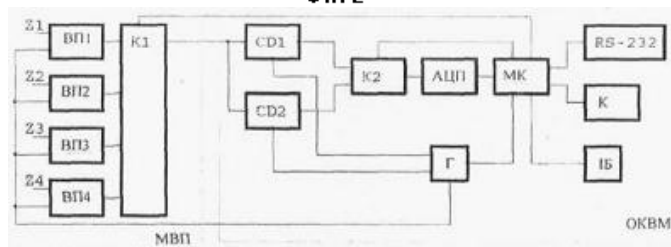
Таким чином, отримана калібрувальна крива демонструє, що пропонована кондуктометрична біосенсорна система для визначення концентрації L-аргініну в розчині є функціонально придатною та може бути використана в селективному та точному експрес-аналізі концентрації L-аргініну в біологічних рідинах організму людини та тварин, зразках сільськогосподарської сировини. Вона дозволяє селективно вимірювати аргінін в діапазоні концентрацій 0,1-10 мМ.



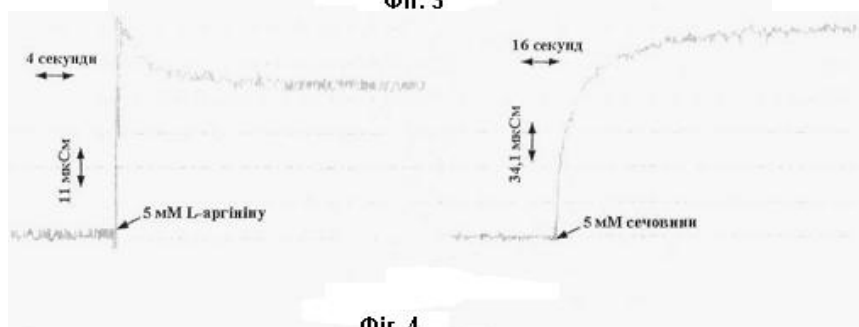
Фіг. 1



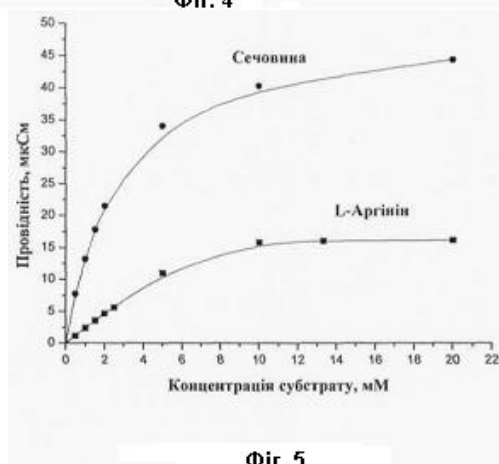
Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4



Фіг. 5