

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **238126**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425240**

(22) Data zgłoszenia: **16.04.2018**

(51) Int.Cl.

A61K 31/136 (2006.01)

A61P 13/04 (2006.01)

A61P 13/02 (2006.01)

A61P 13/10 (2006.01)

A61P 13/12 (2006.01)

A61P 31/04 (2006.01)

A23L 33/00 (2016.01)

(54)

Zastosowanie 7-aminoflawonu

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

21.10.2019 BUP 22/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

05.07.2021 WUP 14/21

(73) Uprawniony z patentu:

UNIwersytet Przyrodniczy

WE WROCŁAWIU, Wrocław, PL

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

EWA GRELA, Zielęcice, PL

JOANNA KOZŁOWSKA, Rawicz, PL

MIROSŁAW ANIOŁ, Wrocław, PL

AGNIESZKA GRABOWIECKA, Wrocław, PL

BARTŁOMIEJ POTANIEC, Wrocław, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Kasperowicz

PL 238126 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zastosowanie 7-aminoflawonu hamującego aktywność ureolityczną patogenów układu moczowego do wytwarzania leku do leczenia i zapobiegania schorzeń układu moczowego.

Dotychczasowe doniesienia literaturowe wykazały brak aktywności antybakteryjnej 7-aminoflawonu wobec szczepu *Clostridium difficile* (J Appl Microbiol. 2014; 116:23–31).

Z opisu patentowego US 3,839,580 znana jest kompozycja kwasu (p-nitrobenzamido) aceto hydroksamowego i jego pochodnych oraz ampicyliny, sulfametoksazolu i nitrofurantoiny do leczenia infekcji układu moczowego wywołanych szczepami *Proteus*.

W opisie patentowym US 4,024,256 opisano metodę leczenia infekcji wywołanych szczepami *Proteus* z zastosowaniem źródła heksametylenotetraaminy (urotropiny) oraz źródła grup hydroksamowych, lub jedynie kwasów hydroksamowych. Z kolei pochodne kwasu hydroksamowego zostały również scharakteryzowane jako efektywne inhibitory ureazy w badaniach przeprowadzonych na szczurach. Wyniki tych badań ujawniają opisy patentowe US 4,083,996 oraz US 4,157,396.

W opisie patentowym US 4,225,526 opisano amid kwasu 8-[(4-aminofenylo)sulfonylo]-amino-2-naf-talenylofosforowego, hamujący aktywność całych komórek *Proteus mirabilis* w stężeniach mikromolarnych.

Z kolei w opisie patentu US 4,222,948 ujawniono amidy fosforanów [(4-aminofenylo)-sulfonylo] aminofenylowych o aktywności antybakteryjnej i antyureolitycznej względem *Proteus mirabilis* i *Escherichia coli*.

W amerykańskim patencie US 8,969,384B2 opisano możliwość wykorzystania pochodnych flawonoidów w profilaktyce i leczeniu zakażeń *Helicobacter pylori*.

Kolejny opis wynalazku US 5,192,277 opisuje możliwość wykorzystania flawonoidów jako składników absorbentu o właściwościach bakteriostatycznych i dezodorujących.

Kolejny opis wynalazku US 5,192,277 opisuje możliwość wykorzystania flawonoidów jako składników absorbentu o właściwościach bakteriostatycznych i dezodorujących.

W japońskim opisie patentowym JP4450355 (B2) mieszaniny flawonów, flawonoli (m. in. kwercetyny), dihydroflawonoli oraz katechin są proponowane jako środek zapobiegający odparzeniom odpieluszkowym i wydzielaniu amoniaku.

W chińskim opisie patentowym CN102993150 opisano syntezę i zastosowanie kwasu flawono-N-metylohydroksamowego – będącego inhibitorem ureazy – w leczeniu zapalenia żołądka.

Zgodnie z dostępnymi obecnie danymi literaturowymi wiadomo, że ureaza jest istotnym czynnikiem wirulencji wielu szczepów bakteryjnych. Jako główne przykłady są tu wymieniane pałeczki *Proteus* spp. oraz szczepy *Providencia stuartii*, *Morganella morganii* (Prokaryotes 2006; 6:245–269), *Pseudomonas* spp., *Klebsiella* spp., *Staphylococcus* spp., *Corynebacterium* spp. i *Ureaplasma ureolyticum* (Microbes Infect 2000; 2: 533–542). Posiadają one zdolność kolonizacji ludzkiego układu moczowego, a ich aktywność ureolityczna skutkuje podniesieniem pH moczu. Wzrost zasadowości jest bezpośrednio powiązany z wytrącaniem się fosforanów, dodatkowo nasilanym przez tworzenie ośrodków krystalizacji wokół złożeń bakteryjnych. Infekcje stanowią szczególny problem w przypadku pacjentów długotrwale cewnikowanych, prowadząc w skrajnych przypadkach do całkowitej utraty drożności cewników. Związki będące aktywnymi inhibitorami ureazy są proponowane jako leczenie wspomagające, szczególnie ze względu na wzrastającą oporność patogennych szczepów bakteryjnych na popularnie stosowane antybiotyki.

Obecnie znanych jest wiele grup substancji, ograniczających aktywność ureazy bakteryjnej. Do najbardziej znanych należą amidy kwasu fosforowego, kwasy hydroksamowe, polifenole, chinony, jony metali ciężkich oraz tiole (J Med Chem 2016; 59: 8125). Do najsilniejszych inhibitorów ureazy są zaliczane pochodne fosforoamidowe, z dostępnym komercyjnie N-(diaminofosfinylo)-4-fluorobenzamidem (Flurofamid). Związek ten jest analogiem stanu przejściowego hydrolizy mocznika o IC₅₀ na poziomie nanomolarnym. Jego główną wadą jest niska stabilność hydrolityczna, znacząco ograniczająca zastosowanie terapeutyczne (J Vet Pharmacol Ther 1986; 9: 280).

Kolejnym inhibitorem ureazy stosowanym w medycynie jest kwas aceto hydroksamowy, zaakceptowany w 1983 roku przez amerykański Departament Żywności i Leków do użycia w terapii zakażeń układu moczowego. Aktywność inhibitorowa związku bazuje na zdolności do kompleksowania jonów niklu, obecnych w centrum aktywnym ureazy i niezbędnych dla jej aktywności enzymatycznej. Kwas

aceto hydroksamowy jest dostępny komercyjnie pod nazwą Lithostat®, jednak możliwość jego zastosowania jest mocno ograniczona ze względu na szereg działań niepożądanych, m. in. aktywność teratogenną.

Oprócz związków syntetycznych znanych jest również wiele inhibitorów ureazy pochodzenia naturalnego. W tej grupie związków najczęściej wymieniane są pochodne terpenowe, polifenolowe, chinony oraz sfingolipidy (Arch Pharm Chem Life Sci 2016; 349: 519). Do najlepiej opisanych należą flawonoidy, ze szczególnym uwzględnieniem kwercetyny, aktywnej wobec ureazy *Helicobacter pylori* z $IC_{50} = 11,2 \mu M$ (J Agric Food Chem 2012; 60: 10575). Flawonoidy, w tym flawony, zostały opisane jako niekompetycyjne i odwracalne inhibitory ureazy bakteryjnej (J Ethnopharmacol 2015, 162: 69–78). Wykonane modelowanie molekularne pozwoliło na określenie mechanizmu hamowania enzymu: utworzone przez inhibitory wiązania wodorowe blokują pozycję pętli, regulującej dostęp substratu do miejsca aktywnego enzymu. Ze względu na dużą różnorodność naturalnie występujących flawonoidów oraz możliwość syntezy nowych pochodnych, aktywność antyureolityczna wielu z nich nie została jeszcze poznana.

Istotą rozwiązania według wynalazku jest 7-aminoflawonu o wzorze 1 do zastosowania w leczeniu i zapobieganiu kamicy nerkowej, kamicy moczowodu oraz kamienia w obrębie dolnych dróg moczowych, jak również zapalenia pęcherza moczowego.

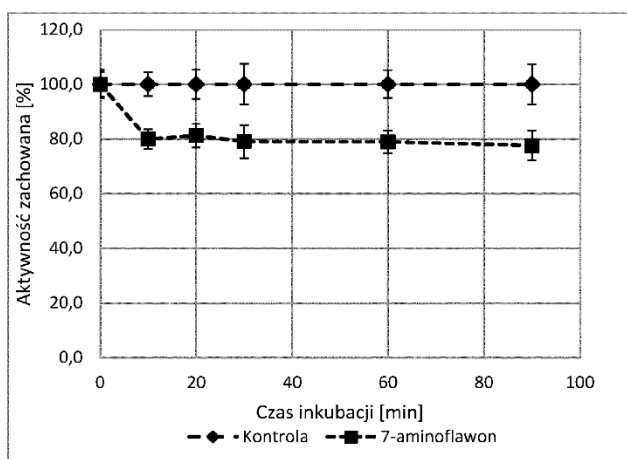
Korzystnie jest gdy działanie 7-aminoflawonu polega na tym, że ograniczona aktywność ureolityczna *Proteus* spp., *P. stuartii*, *M. morganii*, *Pseudomonas* spp., *Klebsiella* spp., *Staphylococcus* spp., *Corynebacterium* spp. i *Ureaplasma ureolyticum*.

Oznaczanie aktywności antyureolitycznej 7-aminoflawonu *in vitro* wobec oczyszczonej ureazy bakteryjnej.

Przykład 1

Aktywność ureolityczną monitorowano poprzez pomiar uwalnianych jonów amonowych wg metody Watherburna. Aktywność inhibitorowa związków została określona za pomocą indofenolowej kolorymetrycznej reakcji Berthelota. Wszystkie stałe kinetyczne zostały obliczone za pomocą programu komputerowego GraphPad Prism 5 wykorzystującego metodę regresji nieliniowej.

Aktywność zachowana ureazy została określona po 15, 30, 45, 60 i 90 minutach preinkubacji z 7-aminoflawonem o wzorze 1, o stężeniu $100 \mu g mL^{-1}$. Równolegle prowadzona była inkubacja kontrolna bez dodatku 7-aminoflawonu.



Ureaza *Proteus mirabilis* PCM1360

$K_i [\mu g mL^{-1}]$	>400
$IC_{50} [\mu g mL^{-1}]$	$350,5 \pm 49,1$

Badania wstępne pozwoliły na zaobserwowanie efektu hamującego 7-aminoflawonu względem ureazy *P. mirabilis* PCM1360. Enzym po 15 minutach preinkubacji z 7-aminoflawonem o stężeniu $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ zachowywał 80% aktywności w stosunku do próby kontrolnej. Efekt hamujący był stały w czasie inkubacji.

Wyznaczono stężenie inhibitora, które pozwoliło na 50% ograniczenie aktywności enzymu (IC_{50}), otrzymując wartość $350,5 \mu\text{g mL}^{-1}$. Wartość stałej inhibicji K_i znajdowała się poza badanym zakresem stężeń.

Otrzymane wyniki były porównywalne z zastosowanym flawonoidem wzorcowym – kwercetyną ($K_i = 337,3 \pm 45,2 \mu\text{g mL}^{-1}$, $\text{IC}_{50} = 254,0 \pm 5,3 \mu\text{g mL}^{-1}$).

Oznaczanie hamującego wpływu 7-aminoflawonu na aktywność ureolityczną całych komórek *Proteus mirabilis*.

Przykład 4

Efektywność redukowania aktywności ureazy w pełnych komórkach badano pośrednio, mierząc stężenie jonów amonowych powstających w reakcji hydrolizy mocznika (PLoS ONE 2017; 12(8): e0182437). Próby inkubacyjne zawierały żywe komórki szczepu *Proteus mirabilis* PCM1360 o gęstości 10^7 jtk mL^{-1} zawieszone w buforze fosforanowym o pH $7,2 \pm 0,2$ zawierającym 100 mM mocznik. Aktywność zachowana komórek bakteryjnych została określona po 30 minutach preinkubacji z 7-aminoflawonem o stężeniu $100 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Całe komórki *Proteus mirabilis* PCM1360

Aktywność zachowana [%] po 30 min	$74,4 \pm 4,1$
$\text{IC}_{50} [\mu\text{g mL}^{-1}]$	$225,8 \pm 38,0$

30 minutowa inkubacja całych komórek *P. mirabilis* z 7-aminoflawonem pozwalała na ograniczenie ich aktywności ureolitycznej o około 25%. Określono stężenie, pozwalające na ograniczenie aktywności ureolitycznej całych komórek *P. mirabilis* o 50% względem próby kontrolnej (IC_{50}). Ze względu na wyniki otrzymane na oczyszczonej ureazie, pomiar wykonano po 30 minutach inkubacji z 7-aminoflawonem, uzyskując $\text{IC}_{50} = 225,8 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Otrzymany wynik jest porównywalny z wartościami uzyskanymi dla substancji kontrolnych – kwercytyny ($\text{IC}_{50} = 229,8 \pm 18,4 \mu\text{g mL}^{-1}$) i naringeniny ($\text{IC}_{50} = 262,0 \pm 35,6 \mu\text{g mL}^{-1}$) – flawonoidów będących znanymi inhibitorami ureazy.

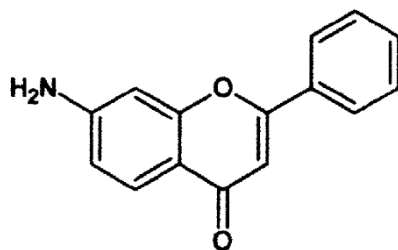
Powyższe wyniki przedstawiają komplet oznaczeń *in vitro*, pozwalających na określenie właściwości antyureolitycznych 7-aminoflawonu o wzorze 1, względem najpopularniejszych patogenów układu moczowego.

7-aminoflawon został określony jako inhibitor ureazy *P. mirabilis* PCM 1360, zarówno w układzie zawierającym oczyszczony enzym jak i całe komórki. Wyznaczone wartości IC_{50} wynosiły $350,5 \pm 49,1 \mu\text{g mL}^{-1}$ w przypadku badań prowadzonych na oczyszczonym enzymie i $225,8 \pm 38,0 \mu\text{g mL}^{-1}$ w badaniach na całych komórkach. Ze względu na wysoką konserwatywność budowy miejsca aktywnego bakteryjnych ureaz oraz znany mechanizm inhibicji ureazy przez flawonoidy można określić 7-aminoflawon jako efektywny inhibitor ureaz bakteryjnych.

Zastrzeżenia patentowe

1. 7-Aminoflawon o wzorze 1 do zastosowania w leczeniu i zapobieganiu kamicy nerkowej, kamicy moczowodu oraz kamienia w obrębie dolnych dróg moczowych, jak również zapalenia pęcherza moczowego.
2. 7-Aminoflawon o wzorze 1 do zastosowania według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ograniczona zostaje aktywność ureolityczna szczepów *Proteus* spp., *P. stuartii*, *M. morgani*, *Pseudomonas* spp., *Klebsiella* spp., *Staphylococcus* spp., *Corynebacterium* spp. i *Ureaplasma ureolyticum*.

Rysunek



Wzór 1