

Invenția se referă la un compus nou din clasa de compuși coordinați pe bază de cupru și aminoguanazonă, care poate fi aplicat în calitate de stimulator de creștere în diferite procese biotehnologice.

Tulpinile de fungi din genul *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* reprezintă surse valoroase de diverse substanțe bioactive, inclusiv celuloze, pectinaze, amilaze, lipaze cu largi aplicări în industria microbiologică, alimentară, etero-oleaginoasă, vinicolă, farmaceutică sau în producția de nutrețuri. Pentru creșterea tulpinilor se utilizează medii standard, fără stimulatori speciali [1]. Mediile standard nu asigură realizarea maximă a potențialului biosintetic al tulpinilor și obținerea randamentelor sporite de biomasă și enzime. Pentru a mări randamentul s-a propus de inclus în compoziția mediilor a biostimulatorilor pe bază de compuși coordinați ai metalelor de tranziție cu diverși liganzi chelați. De exemplu, sporirea biosintezei  $\beta$ -glucozidazelor și xilanazelor de către tulpina de fungi *Aspergillus flavus* BKM F 3292 D se poate realiza utilizând complecși ai zincului cu aminoacizi optic activi [2]. Dezavantajul acestor biostimulatori constă în faptul că pentru obținerea lor sunt necesari liganzi relativ scumpi și mai greu accesibili. Au mai fost propuși în calitate de biostimulatori complecși pe bază de trans-dioximați de cobalt (III) cu diverși anioni în sfera exterioară. De exemplu, pentru tulpina *Rhizopus arrhizus* producător de pectinaze – fluorură-hexafluorosilicat-trans-dioximat de cobalt(III) [3], iar pentru tulpina *Aspergillus niger* 33 CNMN FD 6 A – producător de amilaze – complexul analog cu tetrafluoroborat [4]. Pentru unele tulpini din genurile *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* – producători de hidrolaze exocelulare, ca stimulator s-a manifestat fluorura-hexafluorofosfat-trans-dioximat de cobalt(III) [5]. Ultimul compus coordinațiv a fost selectat ca cea mai apropiată soluție. După cum se vede din componența dioximaților, pentru sinteza acestor stimulatori se folosesc atât sărurile fluorului, care atacă vasele de sticlă, cât și hexafluorsilicații sau hexafluorofosfații, care sunt mai puțin accesibili și sunt supuși într-o oarecare măsură hidrolizei.

Problema pe care o rezolvă invenția propusă este extinderea gamei de biostimulatori pentru specia *Aspergillus niger* reprezentați de compușii coordinați ai cuprului (II) cu aminoguanazona acidului piruvic.

Problema se soluționează cu ajutorul noului compus cu formula  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  unde Hagpa este aminoguanazona acidului piruvic monodeprotonată, și în care doi monocationi  $\text{Cu}(\text{Hagpa})(\text{H}_2\text{O})^+$  sunt legați în dimer prin puntea anionului de  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Esența invenției constă în sinteza compusului bioactiv  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , cu proprietăți de stimulator al capacității biosintetice ale fungului *Aspergillus niger*, producător de amilaze, unde Hagpa prezintă aminoguanazona acidului piruvic. Utilizarea biostimulatorului revendicat în mediile de creștere permite micșorarea duratei de cultivare a producătorului *Aspergillus niger* 33-19 CNMN FD 02A [6].

Rezultatul invenției constă în sporirea biosintezei amilazelor (ordinare cu 55,3% și acidstabile cu 42,3%); posibilitatea de a micșora durata cultivării producătorului *Aspergillus niger* 33-19 CNMN FD 02A. Utilizarea compusului coordinațiv  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  în concentrații mici (1 mg/l) asigură accelerarea biosintezei amilazelor, ceea ce duce la acumularea în mediul de cultură în cantități considerabile a ambelor tipuri de amilaze în termene mai precoce (în ziua a 4-a, a 5-a) comparativ cu variantele martor (în ziua a 6-a). Efectul biostimulator este cauzat de capacitatea elementelor chimice indispensabile de a regla metabolismul microorganismelor.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1 și 2, care reprezintă:

- fig. 1, structura  $\mu_2$ -(sulfato)-bis(aqua-(tiosemicarbazonei acidului piruvic)) -cupru(II);

- fig. 2, structura complexului  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO} - \mu_2$ -(sulfato)-bis(aqua-(aminoguanazona acidului piruvic))-cupru(II) dimetilsulfoxid.

Aminoguanazona acidului piruvic ( $\text{H}_2\text{agpa}$ ) face parte din clasa hidrazonelor –  $\text{R}_2\text{C}=\text{HHR}_2$ , derivații aldehydelor și cetonele. Hidrazonle, inclusiv și aminoguanazonle, sunt bine cunoscute și studiate pe larg ca agenți de chelatare a metalelor tranziționale, iar pentru o parte din complecșii respectivi a fost depistat un spectru larg de activitate biologică: antituberculoasă, antivirală, anticancer, antifungică etc. Studii mai depline au fost efectuate, în special, în seria combinațiilor complexe pe baza tiosemicarbazonelor cu diferite metale 3d. Însă până în prezent nu au fost depistate proprietăți de biostimulatori pentru fungi. De exemplu, pentru compusul coordinațiv cel mai apropiat după structură de compusul revendicat,  $[\{\text{Cu}(\text{Hpt})(\text{OH}_2)\}_2\text{SO}_4]$  sau ( $\mu$ -sulfato)-bis(aqua-(tiosemicarbazona acidului piruvic))-cupru(II) [M.B.Ferrari, G.G.Fava, C.Pelizzi, G.Pelosi, P.Tarasconi, *Inorg. Chim. Acta*, 269, 297 (1998)], cu structura prezentată în figura 1, n-au fost depistate proprietăți de stimulator pentru fungi, în special pentru genurile menționate mai sus, inclusiv *Aspergillus*.

În această structură a tiosemicarbazonei acidului piruvic s-a observat, de asemenea: un complex dimer legat prin ionul de sulfat ca punte, dar  $\text{SO}_4^{2-}$  coordonează în planul bazal cu doi atomi de cupru(II), iar molecula de apă ocupă poziția apicală față de ionul de cupru.

Structura complexului revendicat s-a stabilit cu ajutorul spectroscopiei în infraroșu (IR). În spectrul IR al compusului revendicat deplasarea cu  $110 \text{ cm}^{-1}$  a vibrațiilor  $\nu(\text{N-H})$  în domeniul cu frecvența joasă se observă pentru grupa secundară NH la C=NH, ce confirmă formarea legăturii coordinative  $\text{Cu} \leftarrow \text{NH}=\text{C}$ . Dovadă a formării acestei legături la coordonarea ligandului ( $\text{H}_2\text{agpa}$ ) cu cupru(II), precum și formarea legăturii coordinative între cupru și atomul de azot al grupei azometinice C=N este deplasarea benzii azometinice  $\nu(\text{C}=\text{N})$  în aria cu frecvență joasă cu  $50 \dots 60 \text{ cm}^{-1}$  pentru spectrele complecșilor  $\text{CuX}$  ( $\text{Hagpa}$ ), (1542...1550

$\text{cm}^{-1}$ ). Apariția benzii Cu-N la  $\sim 420 \text{ cm}^{-1}$  în spectrele complecșilor și lipsa acestei benzi în ligandul liber este un argument adăugător al formării legăturii coordinative Cu-N. Banda grupei  $\nu_{\text{as}}(\text{C}=\text{O})$  la  $1720 \text{ cm}^{-1}$  în spectrele în IR ale ligandului liber lipsește la complecși. Banda  $\nu_s$  a grupei carboxilice ( $1385 \text{ cm}^{-1}$ ) a ligandului  $\text{H}_2\text{agpa}$  liber la coordonarea cu cupru se deplasează în domeniul cu frecvență joasă cu  $56 \dots 60 \text{ cm}^{-1}$ , ceea ce indică la faptul că ligandul coordonează la cupru prin atomul de oxigen al grupei carboxilice deprotonate.

Deoarece complexul  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  nu formează monocristale bune pentru elucidarea structurii sale absolute cu ajutorul difracției cu raze X, s-a recurs la sinteza unui derivat structural foarte apropiat  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})] \cdot \text{DMSO}$ , care formează cristale calitative pentru studiul cu raze X. Ultimul se obține în aceleași condiții ca și compusul revendicat, unica deosebire constă în aceea că sinteza are loc în prezența metanolului și a dimetilsulfoxidului. În favoarea structurii propuse, pe lângă rezultatele spectroscopice pot fi aduse și datele privind descifrarea structurii complexului foarte apropiat după compoziție –  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO}$ .

Ca rezultat al studiului structural s-a stabilit că în cristalul complexului, rămășiță a aminoguanizonei acidului piruvic ( $\text{CH}_3\text{-C}[\text{=N-NH-C}(\text{=NH})\text{-NH}_2]\text{-COO}^-$ ) are o structură plată – este un ligand monodeprotonat tridentat (ONN), și la coordonare la Cu(II) formează două pentametalocicluri. Ionul de cupru(II) are înconjurare bipiramidală-pătratică (4+1+1). La baza bipiramidei împreună cu atomii donori ai ligandului (ONN) se situează și o moleculă de apă coordonată. Anionul de sulfat execută funcția de punte ca ligand *exo*-bidentat și coordonează prin atomii de oxigen în direcția apicală la două centre coordinative (ionii de Cu(II)). Ca rezultat se formează un dimer binuclear neutru. În cristal numărul de coordonare al cuprului(II) se completează până la 6 grație interacțiunii slabe cu atomul de oxigen al grupei carboxilice a ligandului de la dimerul învecinat. În complexul  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO}$  ionul de cupru se află practic în planul ecuatorial. Este cunoscut, că bioactivitatea complexelor poate depinde de prezența ionilor metalelor de tranziție, de nuclearitatea lor și crește semnificativ la utilizarea liganzilor chelați, iar capacitatea atomului de cupru de a completa numărul său de coordonare până la șase se presupune ca una din cauzele de majorare a bioactivității. Altă cauză poate fi structura dimerică a compusului revendicat datorită exercitării de către anionul de sulfat a funcției de punte. O altă particularitate a complexelor, ce poate influența asupra gradului de bioactivitate, este sarcina unității monomerice. În complexul  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO}$  monomerul este în formă monocationică. Datele experimentale obținute mai sus confirmă structura dimerică a complexului revendicat conform formulei propuse.

Activitatea amilazelor ordinare s-a determinat în condițiile de hidroliză obișnuită: pH 4,7, temperatura 30°C, timpul hidrolizei 10 min. Pentru determinarea activității amilazelor acidstabile s-au utilizat condițiile acido-extremale de hidroliză: pH 2,5, temperatura 30°C, durata hidrolizei 30 min.

Nivelul activității s-a determinat după degradarea amidonului solubil în molecule mici – dextrine cu masă moleculară diferită. Activitatea maximă a amilazelor a fost înregistrată la utilizarea concentrației biostimulatorului de 1 mg/l.

Nivelarea activității enzimatice între variante în ziua a 6-a de cultivare (termenul optim de manifestare a maximumului de biosinteză enzimatică de către tulpina în studiu pe mediul control) permite de a presupune că metalocomplexul accelerează fazele de dezvoltare ale microorganismului.

Un aspect pozitiv este micșorarea duratei de cultivare a producătorului *Aspergillus niger* 33-19 CNMN FD 02A, ceea ce este convenabil din punct de vedere economic în producerea preparatelor enzimatice active cu acțiune amilolitică.

#### Exemplu de realizare a invenției

Sinteza complexului  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3$ .

Complexul  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  a fost obținut din metanol. Amestecul de 0,50 g (0,002 moli) de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  și 0,29 g (0,001 moli) de  $\text{H}_2\text{agpa} \cdot 2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ml metanol a fost încălzit cu reflux pe baie marină timp de 30 min, până la formarea unui praf cristalin de culoare albastră-deschis. Substanța formată a fost filtrată și spălată cu etanol, eter și uscată la aer. Randamentul 76%. Produsul este solubil în apă.

Pentru  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3$ : Găsit: C 16,9; H 4,1; N 20,1%; Calculat: C 17,05; H 3,58; N 19,88%.

Sinteza derivatului structural apropiat  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO}$ , care formează cristale calitative pentru studiul cu raze X, s-a efectuat pornind de la același raport sulfat de cupru/ligand, dar spre deosebire de complexul revendicat, reacția s-a desfășurat într-un amestec de solvenți, și anume dimetilsulfoxid/metanol, luați în raportul volumic de 1:4.

Studiul cu raze X pentru complexul  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO}$ .

Structura moleculară și cristalină a complexului  $[\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot \text{DMSO}$  a fost efectuată prin metoda analizei cu raze X. Rezultatele experimentale au fost obținute utilizând difractometrul Bruker-AXS SMART APEX înzestrat cu detector CCD la temperatura de 153K. Sursa de iradiere a fost  $\text{MoK}_\alpha$ , ( $\lambda=0,7107 \text{ \AA}$ ). Setul de date experimentale s-a obținut, utilizând un monocristal, cu dimensiunile 0,2x0,15x0,1 mm. Ca rezultat s-au stabilit datele cristalografice respective: singonia monoclinică, grupul spațial de simetrie este  $C2/c$ , volumul celulei elementare 2139,99(17), numărul de unități structurale independente  $Z=4$ ,  $\rho(\text{calc.})=1,935$  pentru compoziția  $\text{C}_{10}\text{H}_{24}\text{Cu}_2\text{N}_8\text{O}_{11}\text{S}_2$ . Structura a fost determinată prin metode directe și precizată prin tehnica matricei pătratelor minime, coordonatele atomilor de bază fără hidrogen au fost precizate în varianta anizotropică în cadrul complexelor de programe SHELX-97. Factorul de divergență R rezultat, obținut în baza a 2335 reflexe independente este 0,0287.

Activitatea biologică:

Cultivarea tulpinii de fungi *Aspergillus niger* 33-19 CNMN FD 02A s-a realizat pe mediul utilizat în cea mai apropiată soluție și în care suplimentar s-a introdus compusul  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , raportul cantitativ al ingredientelor fiind (g): amidon 3,0; făină de fasole 9,0; tărâță de grâu 18,0;  $\text{MgSO}_4$  0,5;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  2,0; KCl 0,5;  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  0,01...0,001, apă distilată – până la 1 l. Cultivarea producătorului se realizează în baloanele Erlenmayer de 0,5 l cu 0,1 l mediu nutritiv pe agitator rotativ (180...200 rot./min), temperatura 28...30°C, durata cultivării de 4, 5, 6 zile. În calitate de material de inoculare s-a folosit suspensia apoasă a sporilor culturii de 14 zile, crescute pe mediu malț-agar, luată în cantitate de 10% de la volumul inoculat al mediului nutritiv.

Activitatea amilazelor (ordinare și acidstabile) în lichidul cultural obținut la cultivarea tulpinii *Aspergillus niger* 33-19 CNMN FD 02A pe mediul conform celei mai apropiate soluții și în variantele optimizate cu adaosul compusului coordinativ  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  se prezintă în tabel:

Variantele mediilor	Concentrația de biostimulator, mg/l	Activitatea amilazelor ordinare la a 4-a zi de cultivare		Activitatea amilazelor acidstabile la a 5-a zi de cultivare	
		Un./ml	% față de control	Un./ml	% față de control
Conform celei mai apropiate soluții	-	149,7	100,0	230,4	100,0
Conform invenției $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	1	232,6	155,3	328,7	142,7
	5	202,3	135,1	243,5	105,7
	10	137,7	91,9	257,6	111,8

După cum urmează din datele obținute, compusul revendicat  $\text{Cu}_2\text{SO}_4(\text{Hagpa})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  posedă o activitate biologică pronunțată de stimulator al capacității biosintetice pentru tulpina de *Aspergillus niger* și poate să-și găsească aplicare în diferite procese biotehnologice.