

PENTRU ANUL 2024 AFERENT INSTALAȚIEI ȘI OBIECTIVULUI DE INTERES NAȚIONAL
INSTALAȚIE-PILOT EXPERIMENTALĂ PENTRU SEPARAREA IZOTOPILOR STABILI UȘORI (D , ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O)

1. CARACTERISTICI GENERALE

SCURT ISTORIC, DESCRIERE ȘI PREZENTARE GENERALĂ A IOSIN

Instalația-pilot Experimentală pentru Separarea Izotopilor Stabili Ușori (D , ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O), IZOSTAB, a luat ființă la data de 30.07.2010, sub numele *Centrul de Cercetare pentru Izotopi Stabili Ușori (D , ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O)*, prin decizie internă a INCDTIM Cluj-Napoca, sumarizând astfel principalele activități din domeniul izotopilor stabili. INCDTIM are o veche tradiție atât în dezvoltarea și implementarea tehnologiilor pentru separarea izotopilor stabili ușori, cât și în aplicațiile acestora. Cercetările izotopice au fost inițiate sub conducerea profesorului Victor Mercea, prin dezvoltarea tehnologiilor de separare a *apei grele*, care constituie un material de interes nuclear pentru introducerea energiei nucleare în țara noastră. Oamenii de știință din Cluj-Napoca s-au implicat în cercetări privind producerea apei grele, D_2O , bazate pe *reacțiile de schimb izotopic pentru îmbogățirea deuteriului*. Inițial s-a studiat metoda de separare bazată pe schimbul izotopic H_2O-H_2 , în cataliză eterogenă, testată la scală de laborator, într-o instalație pilot formată dintr-o coloană de separare cuplată cu un electrolizor cu rol de convertor de fază. Instalația nu s-a dovedit a fi competitivă pentru îmbogățirea deuteriului, dar datele experimentale obținute au contribuit la proiectarea pilotului de apă grea de la Uzina G, din Râmnicu-Vâlcea și ulterior a uzinei de apă grea de la Halânga (Turnu Severin) [G. Văсарu, CdF 69, 2011]. Metodele de analiză a speciilor izotopice studiate, au constituit și ele o preocupare importantă. Au fost acreditate metode și s-au realizat aparaturi necesare analizelor fizico-chimice ale proceselor. În institut au fost realizate echipamente complexe, de tipul spectrometrelor de masă și a gaz-cromatografelor, destinate atât domeniului nuclear cât și industriei chimice din România.



Figura 1. Hala experimentări din cadrul IZOSTAB.

De asemenea, au fost abordate *metode de separare izotopică prin schimb chimic, termodifuzie și distilare criogenică pentru producerea izotopilor: 6Li , ^{10}B , ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O , ^{20}Ne , ^{22}Ne , ^{36}Ar și ^{86}Kr* . Datorită cererii din ce în ce mai mari de ^{15}N , pentru obținerea de compuși marcați utilizați în mod special în agricultură, dar și pentru satisfacerea cererilor la export, din anul 1966 s-a studiat detaliat

separarea acestui izotop prin *metoda schimbului izotopic HNO_3 -oxizi de azot*, cunoscută sub numele metoda Spindel-Taylor.

În anul 1968 s-a realizat în premieră instalația productivă de ^{15}N , formată din două etaje de separare, capabilă să producă HNO_3 de concentrație izotopică $c_1 > 99\%$ at. de ^{15}N . Rezultatele obținute în acest domeniu, au făcut din institut primul și singurul producător de ^{15}N din țară, înregistrând marca proprie NINA 15-99® în 2013.

Odată cu dezvoltările tehnologice, actual, în cadrul IZOSTAB sunt funcționale 3 instalații de cercetare tehnologică și producere a ^{15}N prin schimb izotopic, cu o producție anuală de 1000 g ^{15}N /an. O mare atenție a fost acordată și dezvoltării *proceselor de separare a izotopilor ^{13}C și ^{18}O* . Prin schimbul izotopic dintre oxizii de azot, în fază gazoasă și soluția de HNO_3 , în fază lichidă, s-a studiat și separarea izotopului ^{18}O . Instalația pentru separarea oxigenului a fost cuplată cu instalația productivă a ^{15}N , folosind ca materie primă, H^{15}NO_3 furnizat de aceasta. Pe la începutul anilor '90 s-a construit o instalație pilot experimentală cu două coloane de separare cu umplutură, care au fost montate în serie, pentru *studiul separării ^{18}O prin distilarea criogenică a NO și separarea ^{13}C prin distilarea criogenică a CO*. Odată cu acumularea cunoștințelor din domeniu, s-a proiectat și s-a realizat o instalație experimentală pentru rectificarea CO, formată din 3 coloane de separare, montate în paralel, dotată cu subunități funcționale și cu sistem de control semi-automat. Această cascadă este capabilă să producă CO cu 80% at. ^{13}C . În paralel cu procesul de distilare criogenică s-a studiat și separarea izotopului ^{13}C și prin schimb chimic CO_2 - carbamat în solvent neapos, la presiune, obținându-se cunoștințele necesare pentru realizarea unei instalații experimentale de separare formate dintr-o coloană de separare din oțel inoxidabil și umplutură de tip Helipack, capabilă să separe ^{13}C la concentrația de 8 % at.

Procesele de separare izotopică au dus la obținerea unor materii prime valoroase (H^{15}NO_3 , ^{13}CO) utilizate pentru marcarea izotopică a multor compuși de interes. S-au sintetizat primii *compuși marcați cu ^{15}N , organici și anorganici*, cu scopul de a fi utilizați în cercetări din agricultură, ceea ce a condus la *înființarea laboratorului de sinteză de compuși marcați cu ^2H , ^{13}C , ^{15}N și ^{18}O* din cadrul institutului. În momentul de față, pe lângă sinteza compușilor marcați din portofoliul actual (<http://ro.itim-cj.ro/izotopi-stabili-usori-servicii>), colectivul IZOSTAB oferă servicii de marcarea izotopică personalizată (la comandă) a unor compuși organici speciali, care nu se află în ofertele producătorilor tradiționali, și servicii analitice pentru analiza produsului final prin spectrometrie de masă și spectroscopie RMN.

În prezent, institutul este singurul producător din UE al izotopilor stabili ușori ^{15}N și ^{13}C , iar aplicațiile acestora în domenii ca agricultura, energetica, siguranța alimentară etc. sunt încorporate în numeroasele tehnologii izotopice care au fost dezvoltate, multe dintre ele unicat la nivel național. INCDTIM și-a creat de-a lungul timpului o reputație internațională solidă în domeniu, prin participarea la proiecte și colaborări de mare anvergură: cu **EURATOM** pentru dezvoltarea de combustibili nucleari de tip nitrură, în care este nevoie de ^{15}N îmbogățit, cu Agenția Internațională pentru Energie Atomică de la Viena (**AIEA**), pentru furnizarea de compuși marcați izotopic, precum și colaborări în cercetări legate de separarea izotopilor argonului în cadrul **DarkSide Collaboration - Aria Project**.

Un aspect important de menționat ar fi includerea instalației IZOSTAB pe: (i) Lista Instalațiilor și Obiectelor Speciale de Interes Național din 2014, conform HG Nr. 786/10.09.2014; (ii) Foaia de Parcurș Națională pentru Infrastructuri de Cercetare, din 2021 și (iii) Lista Instalațiilor și Obiectivelor Speciale de Interes Național și *Rețea Națională de Cercetare-dezvoltare în Domeniul Nuclear și Radioactivitate* din 2023, conform HG Nr. 629/27.07.2023.

Misiunea cea mai importantă a IZOSTAB o constituie valorificarea rezultatelor din domeniul separării/îmbogățirii izotopice, a marcării izotopice, respectiv a tehnicilor analitice izotopice prin dezvoltarea lor pentru ofertare către piață sub formă de servicii/produse de înaltă tehnologie. Un aspect important de menționat reprezintă continuarea dezvoltărilor tehnologice inovative privind separarea și utilizarea izotopilor stabili, care reprezintă o direcție de interes a IZOSTAB.

IZOSTAB însumează instalații tehnologice specifice separărilor izotopice, un laborator de sinteză de compuși marcați cu ^2H , ^{13}C , ^{15}N și ^{18}O și aparatură de înaltă tehnicitate necesară analizei și diagnozei izotopice, care constituie bunuri de utilitate publică. IZOSTAB se găsește pe teritoriul INCDTIM Cluj-Napoca, funcționează în spații special amenajate aflate în patrimoniul public și în administrarea institutului care este situat în Cluj-Napoca, str. Donat 67-103, având o suprafață totală utilă de 894,0 m². Structura organizatorică IZOSTAB (Figura 2) creează un mediu oportun pentru realizarea lanțului valoric complet: separare izotopică, sinteza de compuși marcați izotopic și aplicații ale tehnologiilor izotopice în domenii actuale, precum cel biomedical și al materialelor avansate.



Figura 2. Structura organizatorică IZOSTAB;

IZOSTAB^{L1}: subunitate de CD dedicată pentru separarea izotopilor stabili ușori și sinteza compușilor marcați - PROCES 1;
 IZOSTAB^{L2}: subunitate de CD dedicată analizelor izotopice folosind ca tehnică de bază spectrometria de masă - PROCES 2;
 IZOSTAB^{L3}: subunitate de CD dedicată analizelor izotopice folosind ca tehnică spectroscopia de rezonanță magnetică nucleară - PROCES3.

Infrastructura IZOSTAB include:

1. Instalații de cercetare și producere a unor izotopi stabili

Utilitatea acestor instalații reiese din cercetările experimentale destinate perfecționării și eficientizării proceselor de separare a izotopilor ^{15}N și ^{13}C . În afara acestui rol, instalațiile au și o destinație productivă, ele furnizând în final HNO_3 , CO și CO_2 îmbogății izotopic, ce vor fi utilizați apoi ca materie primă pentru sinteza de compuși marcați mai complecși, în funcție de cerințele utilizatorilor. Caracteristicile generale ale instalațiilor sunt:

1.1. Instalația de cercetare tehnologică și producere a ^{15}N prin schimb izotopic - ICTP- ^{15}N

Aceasta este o instalație complexă de cercetare tehnologică și de producție, realizată și dezvoltată în INCDTIM, pentru obținerea ^{15}N prin schimb izotopic între acid azotic și oxizi de azot și este capabilă să producă acid azotic de concentrație izotopică de peste 99% at. ^{15}N . Instalația este alcătuită din două coloane de separare montate în serie, permite experimentarea procesului de separare, în vederea optimizării acestuia, în regim de cascaderă sau în diferite regimuri de funcționare independentă a coloanelor (Figura 3 (a)). Instalația de cercetare tehnologică și producere a ^{15}N este prevăzută cu sistem de automatizare dezvoltat în INCDTIM, automatizarea procesului fiind o preocupare importantă și continuă pentru optimizarea procesului de producție.

1.2. Instalația experimentală de separare a ^{13}C prin distilarea criogenică a monoxidului de carbon - IESDC- ^{13}C

În cadrul IZOSTAB s-a dezvoltat o instalație modulară formată din trei coloane de separare cu umplutură, prevăzute cu un circuit extern, care permite experimentarea procesului de separare în diferite condiții pentru separarea izotopilor carbonului (Figura 3 (b)). Legarea coloanelor de separare și a sistemului de monitorizare permit realizarea separărilor izotopice în regim de cascaderă sau în diferite regimuri de funcționare independentă a coloanelor este capabilă să separe ^{13}C la o concentrație izotopică de 82%. Gama largă a experimentelor de separare izotopică realizată cu această instalație creează posibilitatea adunării datelor necesare pentru proiectarea instalațiilor productive.

¹³C

1.3. Instalația experimentală de separare a ¹³C prin schimb chimic CO₂ - carbamat - IESCC-

Separarea izotopilor carbonului se poate realiza și prin schimb izotopic între o soluție de carbamat și dioxid de carbon (gaz). Instalația de separare care exploatează este formată dintr-o coloană de separare din oțel inoxidabil cu umplutură de tip Helipack și este capabilă să separe ¹³C la o concentrație izotopică de peste 8%. Instalația prevăzută cu senzori de temperatură, presiune și debite este monitorizată permanent, iar datele sunt prelucrate într-un PC. Metoda de separare prin schimb chimic este o alternativă la separarea criogenică a ¹³C, dar cele două pot fi utilizate în tandem, etapa finală fiind cea de schimb chimic.

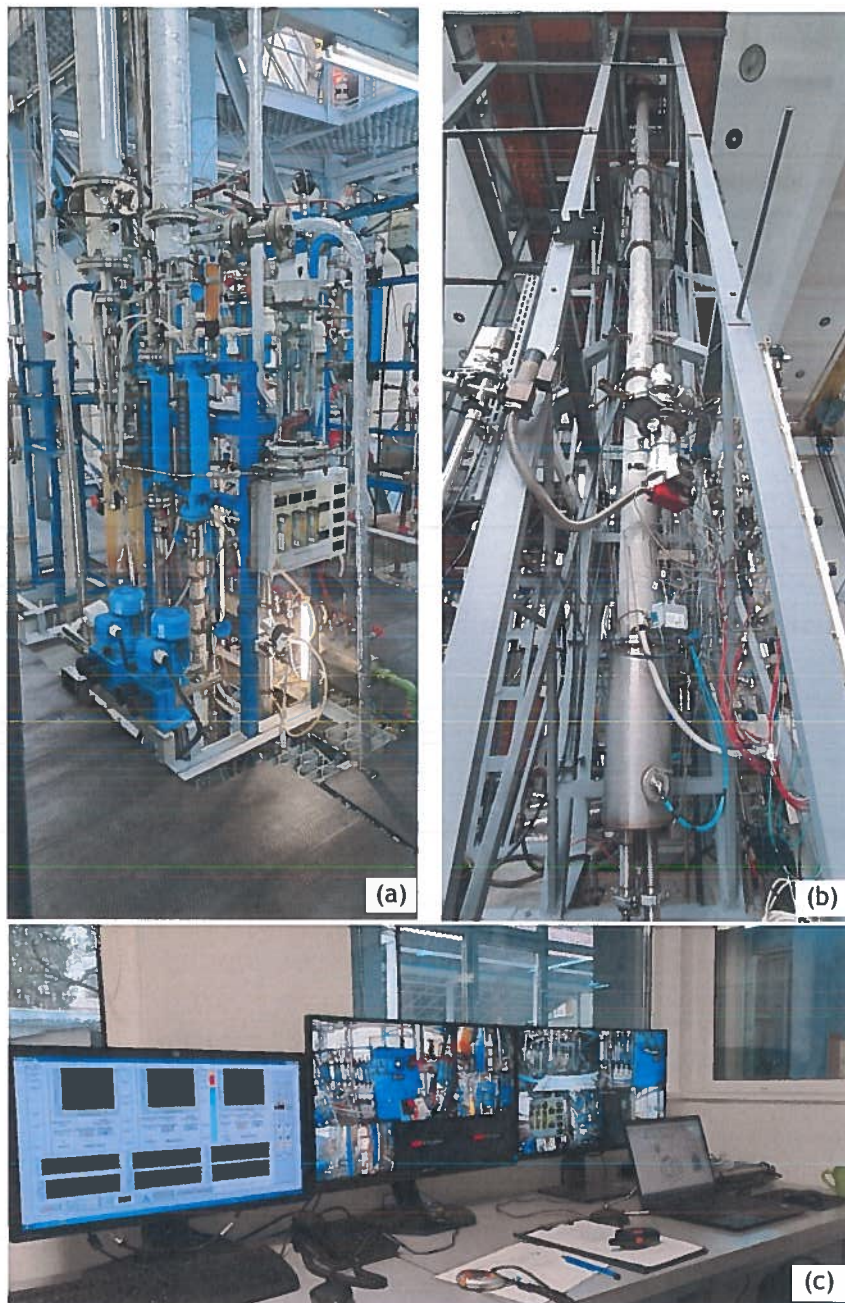


Figura 3. Instalația de cercetare tehnologică și producere a ¹⁵N (a) și Instalația experimentală de separare a ¹³C prin distilare criogenică (b) și Sala de comandă (c).

2. Laborator de sinteză de compuși marcați izotopic

Separarea izotopică a ^{15}N și ^{13}C , din cadrul IZOSTAB, duce la obținerea: H^{15}NO_3 - cu grad de îmbogățire > 99%, ^{13}CO - cu grad de îmbogățire ~ 80%. Aceste „materii prime”, sunt utilizate apoi în calitate de precursori primari în procese complexe și laborioase de marcare izotopică a altor compuși de interes. În cadrul IZOSTAB funcționează laboratorul de sinteză de compuși marcați cu ^2H , ^{13}C și ^{15}N , acest laborator fiind utilat cu dotările necesare optimizării tehnologiilor de sinteză organică/anorganică și cu echipamente analitice de control al calității necesare pentru a satisface cerințele utilizatorilor (Figura 4).



Figura 4. Instalația de laborator dedicată sintezei de $^{15}\text{NH}_3$.

Pentru valorificarea experienței acumulate, ținând cont de avantajul competitiv al accesului la materii prime din resurse locale, preocuparea principală a laboratorului de sinteză de compuși marcați o constituie dezvoltarea tehnologiilor specializate pe servicii de tip *custom isotopic labeling* - marcare izotopică personalizată.

3. Echipamente pentru dezvoltarea aplicațiilor izotopice

Echipamentele din dotarea IZOSTAB permit dezvoltarea metodelor analitice pentru identificarea trasorilor izotopici naturali, cu aplicații în metode de diagnoză industrială, arheologică, geologică (terestră și extraterestră), ecologică (ciclurile carbonului și azotului) și astronomică. Rapoartele izotopilor stabili ușori, determinate prin *Spectrometria de Masă pentru Rapoarte Izotopice (Isotopic Ratio Mass Spectrometry, IRMS)*, au diverse aplicații:

- Rapoartele izotopice ale carbonului și oxigenului din sedimente (carbonați, loess) oferă informații legate de originea carbonului (organic vs. anorganic; mediu marin vs. apă dulce etc.), iar izotopii oxigenului dau informații despre paleotemperaturi;
- Compoziția izotopică a carbonului din turbării duce la obținerea unor date importante în domeniul mediului, cu referire, în particular, la studiul schimbărilor climatice (temperatură, umiditate, precipitații) și pentru a reconstrui clima din diferite epoci geologice, cum ar fi Holocenul. Astfel, rapoartele izotopilor stabili ușori oferă informații unice legate de sursele și consumatorii de gaze cu efect de seră.

Dezvoltarea și implementarea unor metode analitice avansate pentru determinarea gradului de îmbogățire izotopică și identificarea unor trasori izotopici și markeri moleculari (părți integrante ale procesului de marcare izotopică) sunt realizabile cu ajutorul *Spectrometriei de Rezonanță Magnetică Nucleară (RMN)*. Această ramură a spectroscopiei este o tehnică analitică de caracterizare a sistemelor moleculare și bimoleculare cu ajutorul căreia se obțin informații despre structură, dinamică și interacțiuni intermoleculare. Spectroscopia RMN implică proprietățile magnetice cuantice ale nucleelor atomice. Aceste proprietăți sunt influențate de vecinătatea moleculară, măsurarea lor furnizând o hartă a legăturilor interatomice și o descriere a dinamicii moleculare. Nucleele cel mai des studiate în cazul

compuşilor organici sunt: ^1H , ^2H , ^{13}C , ^{15}N , ^{17}O , ^{19}F , ^{23}Na , ^{31}P , iar în cazul materialelor anorganice $^6,7\text{Li}$, ^{11}B , ^{29}Si , ^{27}Al , ^{31}P , ^{33}S .

Actualizarea continuă a primei baze de date ce conţine valorile izotopice ale precipitaţiilor din Cluj-Napoca (unică la nivel naţional în ceea ce priveşte vechimea ei), conţinând toate evenimentele de precipitaţii căzute în Cluj-Napoca din anul 1975 până în prezent, constituie de asemenea, un aspect important în cadrul IZOSTAB.

Principalele echipamente utilizate pentru dezvoltarea aplicaţiilor izotopice în cadrul IZOSTAB sunt:

- Spectrometrul RMN Bruker AVANCE III 500 MHz pentru probe lichide - $B^{\text{AIII}}\text{-RMN}^{\text{L}}$;
- Spectrometrul RMN Bruker AVANCE III 500 MHz pentru probe solide - $B^{\text{AIII}}\text{-RMN}^{\text{S}}$ (Figura 5 (a));
- Spectrometrul IRMS Delta V Advantage - IRMS^{DV} (Figura 5 (b));
- Spectrometru IRMS Isoprime 100 - $\text{IRMS}^{\text{IP100}}$ (Figura 5 (c));
- Spectrometru de Masă cu Plasmă - SM^{PCI} ;
- Spectrometru cu Trapă Ionică - SM^{Tri} ;
- Cromatograf de gaze cu spectrometru de masă cu cuadrupol - GC-MS^{SQ} ;
- Analizor izotopic pentru probe lichide DLT - 100 - $\text{LGR}^{\text{DLT-100}}$.



Figura 5. Spectrometrul RMN Bruker AVANCE III (a), spectrometrul IRMS Delta V Advantage (b) şi spectrometrul IRMS Isoprime 100.

4. Aparatura auxiliară

4.1. Instalaţie de producţie a azotului lichid StirLIN 1 Compact;

4.2. Instalaţie de producţie a azotului lichid StirLIN 1 Economy.

2. STRUCTURA RAPORTULUI

2.1. INFORMAȚII PRIVIND UNITATEA DE CERCETARE-DEZVOLTARE

a. Denumirea	Institutul Național de Cercetare Dezvoltare pentru Tehnologii Izotopice și Moleculare - I.N.C.D.T.I.M. Cluj-Napoca
b. Statut juridic	Institut Național de Cercetare - Dezvoltare
c. Actul de înființare	H.G. nr 408 din 1999
d. Modificări ulterioare	H.G. nr 1401 din 2005
e. Director general/rector	Dr. Claudiu Ortensie Filip
f. Adresă institut	Cluj-Napoca, str. Donat, nr. 67-103
g. Telefon	0264-584037
h. E-mail	claudiu.filip@itim-cj.ro

2.2. INFORMAȚII PRIVIND IOSIN

1. Director / responsabil	Dr. Jozsef-Zsolt Szucs-Balazs
2. Adresă	Cluj-Napoca, str. Donat, nr. 67-103
3. Telefon	0264-584037
4. E-mail	zsolt.szucs@itim-cj.ro

2.3. VALOAREA IOSIN

Total:	15,270,076.93			lei
	din care:	Terenuri și amenajări spații	0.00	lei
		Clădiri	946,157.48	lei
		Echipamente CD și utilaje esențiale	8,372,231.82	lei
		Echipamente și utilaje	5,951,687.63	lei

2.4. SUPRAFAȚA IOSIN

Total:	984.0			mp
	din care:	Teren și amenajări spații	0.0	mp
		din care: Teren	0.0	mp
		Amenajare spații verzi	0.0	mp
		Drumuri de acces betonate și asfaltate	0.0	mp
		Platforme betonate și asfaltate	0.0	mp
		Clădiri	984.0	mp
		din care: Birouri	0.0	mp
		Spații tehnologice (hale, anexe)	855.1	mp
		Vestiare, grupuri sanitare, holuri	32.5	mp
		Laboratoare, ateliere	96.4	mp

2.5. DEVIZ POSTCALCUL ANUL 2024

Nr. crt.	CATEGORIE CHELTUIELI	TOTAL
1	Cheltuieli cu personalul, total, din care:	1,420,990.00
1.1.	Cheltuieli cu salarii directe	1,389,722.00
1.2.	Contribuții asiguratorii de muncă-CAM *	31,268.00
1.3.	Cheltuieli cu deplasările **	0.00
2	Cheltuielile cu materiile prime si materialele, total, din care:	537,321.05
2.1.	Cheltuieli cu materiile prime	0.00
2.2.	Cheltuieli cu materialele consumabile, inclusiv materiale auxiliare, combustibili utilizați direct pentru instalația sau obiectivul special de interes național, piese de schimb, semințe și materiale de plantat sau furaje;	468,673.49
2.3.	Cheltuieli privind obiectele de inventar	47,452.60
2.4.	Cheltuieli privind materialele nestocate;	0.00
2.5.	Cheltuieli cu energia și apa utilizate în mod direct pentru instalația sau obiectivul special de interes național.	21,194.96
3	Cheltuielile cu serviciile prestate de terți, din care:	72,627.95
3.1.	Cheltuieli cu întreținerea și reparațiile, inclusiv amenajarea spațiilor;	24,151.11
3.2.	Cheltuieli cu redevențe, locații de gestiune și chirii;	0.00
3.3.	Cheltuieli cu transportul de bunuri;	0.00
3.4.	Cheltuieli cu servicii pentru teste, analize, măsurători și altele asemenea	0.00
3.5.	Cheltuieli cu servicii informatice;	0.00
3.6.	Cheltuieli cu servicii de expertiză, evaluare, asistență tehnică și altele asemenea;	0.00
3.7.	Cheltuieli cu serviciile de întreținere a echipamentelor;	41,228.08
3.8.	Cheltuieli cu alte servicii strict necesare pentru instalația sau obiectivul special de interes național.	7,248.76
	Subtotal I (1+2)	1,958,311.05
	Subtotal (1+2+3)	2,030,939.00
4	Cheltuieli indirecte (regia) 20 % *** aplicabil la Subtotal (1+2+3)	374,999.99
	Total cheltuieli (1+2+3+4)	2,405,938.99

2.6. DEVIZ ESTIMATIV ANUL 2025

Nr. crt.	CATEGORIE CHELTUIELI	TOTAL
1	Cheltuieli cu personalul, total, din care:	1,689,840
1.1.	Cheltuieli cu salarii directe	1,655,589
1.2.	Contribuții asiguratorii de muncă-CAM *	37,254

Nr. crt.	CATEGORIE CHELTUIELI	TOTAL
1.3	Cheltuieli cu deplasările **	0
2	Cheltuielile cu materiile prime si materialele, total, din care:	1,224,784
2.1.	Cheltuieli cu materiile prime	0
2.2.	Cheltuieli cu materialele consumabile, inclusiv materialele auxiliare, combustibili utilizați direct pentru instalația sau obiectivul special de interes național, piese de schimb, semințe și materiale de plantat sau furaje;	1,000,015
2.3.	Cheltuieli privind obiectele de inventar	37,500
2.4.	Cheltuieli privind materialele nestocate;	0
2.5.	Cheltuieli cu energia și apa utilizate în mod direct pentru instalația sau obiectivul special de interes național.	187,269
3	Cheltuielile cu serviciile prestate de terți, din care:	98,186
3.1.	Cheltuieli cu întreținerea și reparațiile, inclusiv amenajarea spațiilor;	8,000
3.2.	Cheltuieli cu redevențe, locații de gestiune și chirii;	0
3.3.	Cheltuieli cu transportul de bunuri;	4,000
3.4.	Cheltuieli cu servicii pentru teste, analize, măsurători și altele asemenea	0
3.5.	Cheltuieli cu servicii informatice;	0
3.6.	Cheltuieli cu servicii de expertiză, evaluare, asistență tehnică și altele asemenea;	0
3.7.	Cheltuieli cu serviciile de întreținere a echipamentelor;	76,186
3.8.	Cheltuieli cu alte servicii strict necesare pentru instalația sau obiectivul special de interes național.	10,000
	Subtotal I (1+2)	2,917,624
	Subtotal (1+2+3)	3,015,810
4	Cheltuieli indirecte (regia) 20 % *** aplicabil la Subtotal (1+2+3)	603,162
	Total cheltuieli (1+2+3+4)	3,618,972

*) OUG 79/2017 privind modificarea si completarea Legii 227/2015

**) HG 714/2018, respectiv HG 518/1995, cu modificările și completările ulterioare

***) Se va specifica procentul

2.7. RELEVANȚA

În multe din ramurile științei și ingineriei, izotopii prezintă un interes din ce în ce mai mare pentru utilizarea lor în aplicații fundamentale și tehnologice. Utilizarea izotopilor stabili este în creștere permanentă, conform studiilor de piață. IZOSTAB este singura infrastructură integrată de cercetare și producere a unor izotopi stabili din Uniunea Europeană. Solicitățile de colaborare adresate IZOSTAB vin din domenii diverse: cercetări de producere a unor noi combustibili nucleari, cercetări spațiale - detectarea de radiații cosmice, marcarea unor molecule organice și anorganice. Interesul manifestat se concretizează în solicitarea de realizare a unor cercetări cu scopul transferului tehnologic și construirea unor capacități mari de producere a izotopilor stabili ușori ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O și ^{40}Ar .

Trasabilitatea alimentelor și siguranța alimentară reprezintă tematici de mare actualitate la nivel european și mondial, în contextul crizei sanitare. Acest domeniu reprezintă o prioritate pentru protejarea consumatorilor și sprijinirea concurenței loiale pe piața alimentelor și a băuturilor alcoolice și non alcoolice, iar spectrometria de masă pentru rapoarte izotopice și spectroscopia RMN sunt tehnici foarte versatile în vederea dezvoltării de noi metode izotopice pentru analiza unor matrici de certificare și autentificare a produselor alimentare. Concentrațiile izotopice $\delta^2\text{H}$ și $\delta^{18}\text{O}$, constituie markeri eficienți pentru determinarea originii geografice a produselor alimentare, iar amprenta izotopică a ^{13}C ajută la identificarea adulterării sau etichetarea "greșită", prin adăugarea unor ingrediente calitativ inferioare și mult mai ieftine, ca de exemplu: i) etanol exogen/zahăr în vinuri sau băuturi spirtoase; ii) îndulcitori din porumb în sucuri de fructe, miere. Determinarea compoziției elementale și moleculare a produselor alimentare duce la o rafinare a modelelor de diferențiere ale acestor matrici în raport cu diferite criterii de clasificare (origine geografică, producător, origine animală, etc.).

Cercetarea și utilizarea izotopilor stabili și a substanțelor marcate, și metodele de analiză și diagnosticare izotopică au tradiție îndelungată în România. Protejarea producătorilor autohtoni prin autentificarea izotopică a produselor acestora este o necesitate și un serviciu necesar promovării produselor din zonele rurale ale țării noastre. Dintre colaboratorii tradiționali ai IZOSTAB pot fi amintiți: Institutul Cantacuzino București, Universitatea de Medicină și Farmacie Cluj, Stațiunea de Cercetări Agricole Fundulea, Universitățile de Agronomie din Cluj și București, unități ale Ministerului Agriculturii, precum și colective din alte institute de cercetare.

În momentul de față, cercetările și dezvoltările tehnologice care se desfășoară în prezent sau sunt planificate pentru viitor sunt compatibile cu necesitățile și tendințele din cercetarea europeană. Produsele materiale, științifice și de know-how care sunt rezultatul activității IZOSTAB se integrează în domeniile strategice naționale/europene de cercetare din cadrul Strategiei de Dezvoltare a INCDTIM Cluj-Napoca pentru perioada 2021-2025. INCDTIM, prin activitățile specifice ale IZOSTAB, are o reputație internațională solidă în domeniul izotopilor stabili ușori, prin participarea la proiecte și acțiuni colaborative de mare anvergură, ca de ex.: colaborările cu EURATOM pentru dezvoltarea de combustibili nucleari de tip nitrură, îmbogățiți cu ^{15}N , cu Agenția Internațională pentru Energie Atomică de la Viena, pentru furnizarea de compuși marcați izotopic, precum și colaborări în cercetări legate de separarea izotopilor argonului în cadrul Global Argon Dark Matter Search Program, acțiune internațională de mare anvergură la care participă 89 de universități și centre de cercetare din întreaga lume.

2.8. INFORMATII PRIVIND ACCESUL LA IOSIN

Accesul la IZOSTAB este atât local cât și virtual. Pentru toate categoriile de utilizatori, există acces virtual pe pagina web: <http://ro.itim-cj.ro/izotopi-stabili-usori/>.

Accesul local la resursele IZOSTAB, pentru utilizatori externi interesați în desfășurarea unor activități de cercetare-dezvoltare proprii, sau în colaborare cu INCDTIM Cluj-Napoca în domeniile specifice de activitate ale IZOSTAB, în conformitate cu Regulamentul de Acces la Centrul de Cercetare pentru Izotopi Stabili Ușori, se realizează astfel:

- Pe baza acordurilor de colaborare, a contractelor de cercetare sau contractelor economice,

- Pe baza Formularului de acces („Formular de acces la resursele IZOSTAB”), completat în prealabil de către solicitant, avizat favorabil de Responsabilul IZOSTAB și aprobat de către Conducerea INCDTIM.

Accesul fizic al utilizatorilor externi se realizează conform Regulamentului de Ordine Interioară al INCDTIM.

2.9. STRUCTURA UTILIZATORILOR

Resursele IZOSTAB sunt accesibile pentru următoarele categorii de utilizatori:

- colaboratori la nivel național și internațional din partea unităților de cercetare-dezvoltare pe baza acordurilor de colaborare și a contractelor de cercetare;
- operatori economici la nivel național și internațional pe baza contractelor economice;
- studenți, masteranzi și doctoranzi ai universităților din România, prin vizite organizate, discuții, seminarii și prezentări științifice;
- publicul larg, prin organizarea evenimentelor ziua porților deschise, prin vizite ale elevilor din școli generale și licee.

IZOSTAB pune la dispoziția utilizatorilor o serie de servicii de separări izotopice și de compuși marcați:

I. Sinteze de compuși marcați: Marcare izotopică personalizată (la cerere) cu ^2H , ^{13}C , ^{15}N și ^{18}O de compuși organici speciali, respectiv compuși care nu se află în oferta producătorilor tradiționali; consultanță de specialitate pentru utilizatori cu privire la identificarea schemelor optime de marcare izotopică și la tehnicile analitice utilizate pentru analiza produsului final (Spectrometrie de Masă și/sau Spectroscopie RMN).

II. Transfer de know-how oferind consultanță științifică și tehnologică în domeniul separărilor izotopice: proiectare teoretică a instalațiilor de separare, testarea umpluturilor și automatizarea proceselor.

De asemenea, IZOSTAB dispune de o gamă largă de servicii analitice:

III. Servicii analitice pentru:

a) Matrici alimentare: autentificarea produselor alimentare și a băuturilor pe baza amprentelor izotopice (^2H , ^{13}C și ^{15}N); determinarea concentrațiilor de elemente în produse alimentare de origine animală/vegetală; determinarea reziduurilor de pesticide din fructe, legume, lapte și produse lactate; evaluarea conținutului și distribuției acizilor grași în uleiuri vegetale și produse alimentare; caracterizarea băuturilor alcoolice în ceea ce privește cantitatea metanolului și a alcoolilor superiori; determinarea rapoartelor izotopice (D/H) din etanolul extras din vin și din băuturile spirtoase; amprentarea metabolică prin spectroscopie ^1H -RMN a vinurilor și a băuturilor spirtoase.

b) Matrici de mediu: analiza calitativă și cantitativă prin spectroscopie RMN pe probe lichide a unor compuși organici măsurând diferiți nuclei (^1H , ^2H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F , ^{31}P), pe baza unor experimente ^1D și 2D (COSY, ROESY, DOSY, HSQC, HMBC); determinarea amprentei izotopice prin spectrometrie de masă a ^2H și ^{18}O din probe de apă (precipitații, ape minerale); determinarea amprentei izotopice a ^{13}C și ^{14}N din matrici de mediu (sol, sedimente, carbonați, loess).

c) Sănătate: autentificarea medicamentelor pe baza amprentei izotopice a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ și $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. Serviciile IZOSTAB sunt prezentate pentru potențiali utilizatori pe pagina web: <http://ro.itim-cj.ro/izotopi-stabili-usori-servicii/>.

Serviciile specifice IZOSTAB sunt certificate de organisme abilitate; din anul 2010 INCDTIM are implementat Sistemul de management al calității conform ISO 9001/2015 pentru activități de cercetare și dezvoltare de produse și servicii inovative, iar în 2013 a fost înregistrată marca proprie NINA 15-99®.

2.10. LISTA UTILIZATORILOR

LA NIVEL INTERNAȚIONAL				LA NIVEL NAȚIONAL				TOTAL ORE		NR.MEDIU ORE/ UTILIZATOR	
OP.EC.		UCD		OP.EC.		UCD					
2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025	2024	2025
2	3	2	2	21	25	4	5	1.609	1.800	55,5	51,4

Din punct de vedere al utilizatorilor (alții decât personalul instalației de interes național), pot fi enumerați:

- *operatori economici la nivel internațional*
- *operatori economici la nivel național*
- *unități de cercetare-dezvoltare la nivel național*
- *unități de cercetare-dezvoltare la nivel internațional*

Pe lângă personalul IZOSTAB și INCDTIM, facilitățile IZOSTAB sunt utilizate de către următorii utilizatori principali:

UTILIZATORI ECONOMICI INTERNAȚIONALI

- Chimica Applicata Depurazione Acque SNC, Italia
- *Rerwind - C Sink Ltd, Israel.*

UTILIZATORI DIN CERCETARE - UNITĂȚI DE CD INTERNAȚIONALE

- DarkSide Collaboration - ARIA Project
- Universitatea George Mason, Virginia, S.U.A., *Department of Global and Community Health College of Public Health.*

UTILIZATORI ECONOMICI NAȚIONALI

- Atelierul Bettinei Jud. Maramureș
- S.C. Hommikust S.R.L.
- S.C. Lavanderbymary S.R.L.
- S.C. Best on Work S.R.L.
- S.C. KES BUISNNESS S.R.L.
- SC Sanimed International Impex SRL
- 15 persoane fizice și întreprinderi individuale.

UTILIZATORI DIN CERCETARE - UNITĂȚI DE CD NAȚIONALE

- Universitatea Politehnică din București
- Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice și Izotopice - ICSI Rm. Vâlcea
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Bioresurse Alimentare - IBA București.

PARTENERIATE / COLABORĂRI NAȚIONALE

- Universitatea Babeș-Bolyai
- Universitatea Tehnică Cluj-Napoca
- Universitatea din București
- Universitatea de Medicină și Farmacie Iuliu Hațieganu
- Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca
- Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Geologie și Geoecologie Marină - GeoEcoMar

- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica și Ingineria Nucleară "Horia Hulubei" - IFIN-HH - Extreme Light Infrastructure Nuclear Physics ELI-NP
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica și Ingineria Nucleară "Horia Hulubei" - Departamentul de Fizică Nucleară
- Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Tehnologii Criogenice și Izotopice - ICSI Rm, Vâlcea
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Bioresurse Alimentare - IBA București
- Rețeaua Națională de Cercetare-Dezvoltare în Domeniul Nuclear și Radioactivitate
- Centrul de Mediu și Sănătate SRL
- SC Bunătăți Uscate SRL
- Ferma PasStrâmtu SRL
- Siciliana SRL
- SC Deltarom SRL
- Transilvania Quantum SRL.

PARTENERIATE / COLABORĂRI INTERNAȚIONALE

- DarkSide Collaboration - ARIA Project
- Deutero GmbH
- Politecnico di Milano- Group on Advanced Separation Processes & GAS Processing (GASP)
- Agenția Internațională pentru Energie Atomică (AIEA)
- European Reference Centre for Control in the Wine Sector
- Fondazione Edmund Mach (FEM), Traceability Unit, Research and Innovation Centre, San Michele all'Adige, Italy
- Service Commun des Laboratoires, Marseille, France
- Secció d'Enginyeria Química, Departament d'Enginyeria Química i Química Analítica, Universitat de Barcelona, Spania.

IZOSTAB, prin activitățile sale specifice din domeniul separărilor izotopice și al sintezelor de substanțe marcate cu izotopi stabili, în conformitate cu misiunea și strategia acesteia, în 2024 a realizat o campanie experimentală (*Run03 ¹⁵N/2024*) pentru optimizarea și dezvoltarea procesului de separare a ¹⁵N prin schimb chimic în sistemul Nitrox. S-au realizat două experimente legate, fără oprirea instalației de separare (operare în flux continuu), în condiții de separare izotopică fără extracție și cu extracție de produs (folosind un extractor prototip de ¹⁵NO_x), respectiv cu doparea instalației cu fracții preîmbogățite în ¹⁵N, urmărind puterea de separare a instalației la diferite încărcări specifice cu acid azotic. Procesul de separare a fost urmărit continuu, achiziționând permanent parametrii termici ai refluxorului de produs și debitul automatizat de dioxid de sulf. Pentru monitorizarea procesului de separare s-au colectat probe de gaz pentru analize izotopice la fiecare 24 de ore. Probele astfel obținute au fost analizate, conform procedurilor interne, cu spectrometrul *IRMSIP¹⁰⁰*. Durata totală a campaniilor a fost de 292 ore monitorizate cu 65 analize izotopice. În afara acestei perioade, s-au efectuat activități de întreținere și mentenanță ale instalațiilor de separare conform planurilor stabilite pentru anul 2024.

În cadrul laboratorului de compuși marcați s-au realizat 20 de experimente de marcări izotopice, ținta principală fiind dezvoltarea tehnologiilor de laborator pentru deuterarea selectivă a unor aminoacizi în cataliză eterogenă. În urma rezultatelor obținute s-a extins portofoliul IZOSTAB cu un produs nou (L-Glutamic acid-2-D) și mai multe studii privind deuterarea aminoacizilor vor fi continuați și în 2025.

Totodată, pe parcursul anului 2024 pe baza colaborărilor interne și externe s-au realizat 40 de rapoarte de analiză folosind ca tehnică de analiză spectrometria de masă pentru rapoarte izotopice, atingând 1433 ore de utilizare și s-au măsurat (timp de 5652 ore) 487 de probe lichide și solide prin spectroscopia RMN.

O altă activitate importantă, care completează misiunea IZOSTAB prin deschiderea către societate cu caracter educațional, o constituie organizarea vizitelor științifice pentru masteranzi, studenți și elevi. În anul 2024 s-au organizat 15 vizite științifice, tematicile principale fiind tehnologiile de separare prin

distilări criogenice și schimb chimic, automatizarea proceselor, fizica temperaturilor joase, producerea azotului lichid, analiza instrumentală, amprentarea și autentificarea izotopică.

2.11 GRADUL DE UTILIZARE

GRAD UTILIZARE	2024 (%)	2025 (%)	OBSERVATII
TOTAL	90	90	Activitățile abordate în 2024 au fost necesare pentru realizarea obiectivelor stabilite pentru acest an, legate de întreținerea și funcționarea instalațiilor de separare precum și a echipamentelor pentru analize izotopice din cadrul IZOSTAB.
COMANDĂ INTERNĂ	71	70	
COMANDĂ UCD	3	5	
COMANDA OP. ECONOMIC	16	15	Anumite activități au caracter continuu, conform cu procedurile specifice interne, iar celelalte activități corespund planificării de la începutul anului.

2.12 REZULTATE DIN EXPLOATARE

2.12.1 VENITURI DIN EXPLOATARE

- a. realizate în anul 2024: 192.791,14lei
- b. planificate a se realiza în anul 2025: 200.000,0 lei

2.12.2 CHELTUIELI DE DEZVOLTARE DIN SURSE ATRASE

- a. realizate în anul 2024: -
- b. planificate a se realiza în anul 2025: 300.000,0 lei

2.12.3 PARTENERIATE / COLABORARI INTERNATIONALE / NATIONALE

- a. realizate în anul 2024: 26
- b. planificate a se realiza în anul 2025: 30

2.12.4 ARTICOLE

- a. publicate în anul 2024: 9 (Anexa 1)
- b. planificate a se publica în anul 2025: 10

2.12.5 BREVETE / CERERI DE BREVET SOLICITATE

- a. realizate în anul 2024: 1 cerere de brevet
- b. planificate a se realiza în anul 2025: 1

2.12.6 SERVICII¹ DE INTERES NAȚIONAL

Activitățile desfășurate în cadrul IZOSTAB susțin următoarele servicii de interes național:

(i) vizite științifice, workshop-uri găzduite de către IZOSTAB - 2024: 15 vizite științifice organizate pentru masteranzi, studenți și elevi (Universitatea Babeș-Bolyai, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca și licee locale);

¹ conform explicațiilor de la standardul de calitate

(ii) consultanțe/expertize asigurate de către personalul centrului ca urmare a experienței dobândite în activitățile facilitate de IZOSTAB, la nivel național și internațional: 5 (DarkSide Collaboration - ARIA Project, Deutero GmbH, Transilvania Quantum SRL, Universitatea George Mason, Virginia, S.U.A, UBB - Facultatea Fizică - practică studenți);

(iii) elaborare de comunicări științifice naționale/internaționale care sunt rezultatul activităților de C-D facilitate de către IZOSTAB - 2024: 8 participări la conferințe naționale și internaționale (Anexa 2).

2.13 OBIECTIVE STRATEGICE DE DEZVOLTARE ALE IOSIN

1. Atragerea personalului de cercetare de înaltă calificare cu cercetători valoroși, dispuși să activeze într-un domeniu tehnologic de mare actualitate;
2. Formarea profesională a tinerilor cercetători;
3. Propunerea unor noi proiecte de cercetare naționale și internaționale;
4. Realizarea de proiecte de cercetare în domeniile de expertiză ale IZOSTAB;
5. Dezvoltarea de parteneriate cu entități de cercetare - dezvoltare/economice românești și europene;
6. Elaborarea unei tehnologii de mare productivitate pentru separarea izotopului ^{15}N , necesar producerii combustibilului nuclear de tip nitruură;
7. Atragerea de fonduri și dezvoltarea tematicilor legate de separarea izotopilor ^2H , ^{13}C , ^{18}O și ^{40}Ar ;
8. Dotarea cu echipamente și realizarea unui sistem de recuperare a energiei pentru sistemele de separare criogenice;
9. Realizarea de servicii de custom labeling - producerea de compuși chimici speciali, marcați izotopic;
10. Transfer tehnologic și furnizarea de know-how pentru dezvoltări economice în domeniile de expertiză ale IZOSTAB;
11. Furnizarea de servicii de cercetare specifice pentru utilizatori din mediul economic și de cercetare;
12. Menținerea și actualizarea bazei de date ce conține amprenta izotopică a precipitațiilor din Cluj-Napoca.

**DIRECTOR GENERAL
INCDTIM**

DR. CLAUDIU ORTENSIE

FILIP



**DIRECTOR ECONOMIC
INCDTIM**

DR. EC. FELICIA
DIANA NICOARĂ

**DIRECTOR / RESPONSABIL
IZOSTAB**

DR. JOZSEF-ZSOLT
SZUCS-BALAZS

Lista articolelor științifice publicate în 2024 în reviste cotate ISI

1. A. Șandor, I. Fizeșan, I. Ionuț, G. Marc, C. Moldovan, I. Oniga, A. Pîrnău, L. Vlase, A.E. Petru, I. Macasoî, Ovidiu Oniga, **2024**, *Discovery of a novel series of quinazoline-thiazole hybrids as 2 potential antiproliferative and anti-angiogenic agents*, *Biomolecules*, 14, 218, 1-31;
2. R. Pele, G. Marc, C. Mogoșan, A. Apan, I. Ionuț, B. Tiperciuc, C. Moldovan, C. Araniciu, I. Oniga, A. Pîrnău, L. Vlase, Ovidiu, **2024**, *Synthesis, In Vivo Anticonvulsant Activity Evaluation and In Silico Studies of Some Quinazoline-4(3H)-one Derivatives*, *Molecules*, 29, 1 - 24, 1951;
3. C. Marcu, A. Balla, C. Varodi, I. Kacso, J-Zs. Szucs-Balazs, **2024**, *Kinetics of Nitrite Adsorption onto a Styrene Divinylbenzene Macroporous Strong Base Polymer*, *Analytical Letters*, (DOI: 10.1080/00032719.2024.2369691);
4. A.C. Mot, I-G. Grosu, D. Bogdan, A. Petran, X. Filip , C. Filip, **2024**, *Novel polydopamine-based composites with adjustable antioxidant activity*, *Polymers*, 307, 127233;
5. A.C. Cornea, G. Marc, I. Ionut, C. Moldovan, I. Fizes, A.E. Petru, I. V. Crestin, A. Pîrnău, L.Vlase, O. Oniga, **2024**, *Synthesis, Cytotoxicity and Antioxidant Activity Evaluation of Some Thiazolyl-Catechol Compounds*, *Antioxidants*, 13, 937, 1-23;
6. C. G. Floare, A. Pîrnău, M. Mic, E. Matei, **2024**, *An exploration of human γD-crystallin affinity for potential aggregation inhibitors: a molecular docking investigation*, *STUDIA UBB CHEMIA*, LXIX, 3, 67-91;
7. C. Dehelean, E. Alexa, I. Marcovici, A. Iftode, G. Lazar, A. Simion, V. Chis, A. Pirnau, S. Cinta Pinzaru, E. Boeriu, **2024**, *Synthesis, characterization, and in vitro-in ovo toxicological screening of silibinin fatty acids conjugates as prodrugs with potential biomedical applications*, *BIOMOLECULES and BIOMEDICINE*, 24, 6, 1735-1750;
8. G. Cristea, F. Covaciu, I. Feher, R. Puscas, C. Voica, A. Dehelean, **2024**, *Multivariate Modelling Based on Isotopic, Elemental, and Fatty Acid Profiles to Distinguish the Backyard and Barn Eggs*, *Foods*, 13(20), 3240;
9. A.R. Hategan, A. Dehelean, R. Puscas, G. Cristea, N. Belc, G. Mustatea, D. A. Magdas, **2024**, *The development of honey recognition models with broad applicability based on the association of isotope and elemental content with ANNs*, *Food Chemistry*, 458, 140209.

Cerere de brevet de invenție

1. Procedeu de obținere a unor sisteme sinergice de principii active destinate cosmeticii regenerative,
solicitanți: SC sanimed International Impex SRL; Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru
Tehnologii Izotopice și Moleculare Cluj-Napoca; Universitatea din București, autori: Tihăuan Bianca -
Maria, Pîrnău Adrian, Chifiriuc Mariana Carmen, Maier Sergiu Stelian, Axinie Mădălina, Luminița
Măruțescu, Mic Mihaela Liliana, Floare Gabriel Călin, Kacso Irina, Miclăuș Maria Olimpia.

Participări la conferințe naționale și internaționale

1. J-Zs. Szücs-Balázs, A. Balla, Ș. Bugeac, C. Lar, S. Radu, C. Varodi and C. Marcu; *Theoretical design of a combined separation cascade for oxygen isotope separation*, 7th International Conference on Analytical and Nanoanalytical Methods for Biomedical and Environmental Sciences, "IC-ANMBES 2024", Brașov;
2. C. Lar, S. Radu, J-Zs. Szücs-Balázs, A. C. Balla, C. M. Marcu, C. M. Varodi, Ș. Bugeac, *Hydrophilic Coated Materials with Polydopamine to be Used in the ¹⁸O Separation Plant Through H₂O Distillation*, 7th International Conference on Analytical and Nanoanalytical Methods for Biomedical and Environmental Sciences, "IC-ANMBES 2024", Brașov;
3. G. Cristea, C. Voica, I. Feher, R. Puscas, D.A. Magdas, *Where do the potatoes on the plate come from?*, 23rd International Conference "Life Sciences for Sustainable Development", 26-28 September 2024, Cluj-Napoca;
4. I. Feher, A. Dehelean, G. Cristea, V. Floare Avram, F. Covaciu, R. Puscas, D.A. Magdas, *Wild mushrooms evaluation through elemental profile followed by advanced chemometric approach*, 23rd International Conference "Life Sciences for Sustainable Development", 26-28 September 2024, Cluj-Napoca;
5. V. Floare-Avram, A. Dehelean, I. Feher, F. Covaciu, D.A. Magdas, *Assessment of bisphenol A and heavy metals levels in commercial fruit juices*, 23rd International Conference "Life Sciences for Sustainable Development", 26-28 September 2024, Cluj-Napoca;
6. C. Voica, G. Cristea, *Assessment of elemental determination of spring waters*, 23rd International Conference "Life Sciences for Sustainable Development", 26-28 September 2024, Cluj-Napoca;
7. C. Voica, G. Cristea, A. Iordache, C. Roba, *Health risk assessment of heavy metals in selected root vegetables*, 7th International Conference on Analytical and Nanoanalytical Methods for Biomedical and Environmental Sciences, "IC-ANMBES 2024", Brașov;
8. C. Voica, A. Iordache, C. Nechita, C. Roba, *Occurrence and health risk assessment of alkali metals and macronutrients in potable waters*, 7th International Conference on Analytical and Nanoanalytical Methods for Biomedical and Environmental Sciences, "IC-ANMBES 2024", Brașov.