

PENTRU ANUL 2023 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), numită în continuare IZOSTAB a fost înființată în 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, centralizând astfel principalele activități abordate în domeniul izotopilor stabili. INCDTIM are tradiție îndelungată în dezvoltarea și implementarea tehnologiilor pentru separarea izotopilor stabili ușori, dar și în aplicațiile acestora. Cercetările au început sub conducerea profesorului Victor Mercea, prin dezvoltarea tehnologiilor de separare a *apei grele*, material de interes nuclear de primă relevanță pentru introducerea energiei nucleare în țara noastră. Grupul clujean s-a implicat în cercetări privind producerea *apei grele*, dezvoltând metodele 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 într-o instalație pilot la nivel de laborator, compusă dintr-o coloană de separare cuplată cu un electrolizor cu rol de convertor de fază. Deși această instalație nu s-a dovedit a fi competitivă pentru îmbogățirea deuteriului, 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]. O altă preocupare importantă a fost elaborarea metodelor de analiză pentru speciile izotopice studiate. Cercetările desfășurate au dus la acreditarea de metode și realizarea aparaturii necesare analizelor fizico-chimice ale proceselor. Cercetările pentru proiectarea de aparatură analitică au condus la realizarea în institut a unor echipamente complexe: spectrometre de masă și gaz-cromatografe, destinate atât domeniului nuclear cât și industriei chimice din România.



Figura 1. Structura proceselor IZOSTAB.

În afară de deuteriu, preocupările s-au extins și spre alți izotopi, abordându-se *studiul metodelor 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 mai ales în agricultură, precum și pentru satisfacerea unor solicitări la export. Începând cu anul 1966 s-a studiat detaliat separarea acestui izotop prin *metoda schimbului izotopic HNO_3 -oxizii de azot (metoda Spindel-Taylor)*.

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

În urma dezvoltărilor tehnologice, în momentul de față, 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. Atenție sporită a fost acordată și pentru dezvoltarea *proceselor de separare a ^{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 , utilizând ca materie primă, H^{15}NO_3 furnizat de aceasta. La începutul anilor '90 s-a construit o instalație pilot experimentală cu două coloane de separare cu umplutură, înseriate, pentru *studiul separării ^{18}O prin distilarea criogenică a NO și separarea ^{13}C prin distilarea criogenică a CO*. Pe baza cunoștințelor acumulate s-a proiectat și s-a realizat o instalație experimentală pentru rectificarea CO, alcătuită din 3 coloane de separare, dispuse în paralel, dotată cu subunități funcționale și cu sistem de control semi-automat. Această cascadă este capabilă să producă CO cu $c_1 > 80\%$ at. ^{13}C . În paralel cu procesul de distilare criogenică s-a studiat separarea izotopului ^{13}C și prin schimb chimic CO_2 - carbat în solvent neapos, la presiune, obținându-se cunoștințele necesare pentru realizarea unei instalații experimentale de separare alcătuită dintr-o coloană de separare din oțel inoxidabil cu umplutură de tip Helipack, care este capabilă să separe ^{13}C la o $c_1 > 8\%$ at.

Activitățile productive de separare izotopică au condus la materii prime valoroase pentru procese complexe și laborioase de marcă izotopică a multor compuși de interes. S-au sintetizat primii *compuși marcați cu ^{15}N , organici și anorganici*, pentru 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 marcă 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 agricultură, energetică, siguranță alimentară etc. sunt încorporate în numeroasele tehnologii izotopice pe care le-am dezvoltat, 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 nitruură, în care este nevoie de ^{15}N îmbogățit, cu Agenția Internațională pentru Energie Atomică de la Viena (IAEA), pentru furnizarea de compuși marcați izotopic, precum și colaborări în cercetări legate de separarea izotopilor argonului în cadrul *DarkSide Collaboration - Aria Project*.

Reperele importante din evoluția IZOSTAB sunt includerea instalației 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 principală a IZOSTAB constituie valorificarea rezultatelor din domeniul separării/îmbogățirii izotopice, a mărcii izotopice, respectiv a tehnicilor analitice izotopice prin dezvoltarea lor pentru ofertare către piață sub formă de servicii/produse de înaltă tehnologie. Totodată, continuarea dezvoltărilor tehnologice inovative privind separarea și utilizarea izotopilor stabili reprezintă o direcție de interes.

IZOSTAB înglobează 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 sunt bunuri de utilitate publică. IZOSTAB se află 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 1.232 m². Structura proceselor IZOSTAB (Figura 1) creează un mediu oportun pentru realizarea lanțului valoric complet:

separare izotopică, sinteză de compuși marcați izotopic și aplicații ale tehnologiilor izotopice în domenii de mare actualitate, precum cel biomedical și al materialelor avansate.

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 îmbogățiti 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

Aceasta este o instalație complexă de cercetare tehnologică și de producție, dezvoltată în INCDTIM, pentru producerea ^{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 . Totodată, dat fiind faptul că instalația este alcătuită din două coloane de separare legate 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 2 (a)). Instalația de cercetare tehnologică și producere a ^{15}N este dotată cu sistem de automatizare dezvoltat în INCDTIM, automatizarea procesului fiind o preocupare importantă în ceea ce privește optimizarea procesului de producție.



Figura 2. Instalația de cercetare tehnologică și producere a ^{15}N (a) și Instalația experimentală de separare a ^{13}C prin distilare criogenică (b).

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

În cadrul IZOSTAB s-a dezvoltat o instalație modulară alcătuită din trei coloane de separare cu umplutură, dotată cu un circuit extern, care permite experimentarea procesului de separare în diferite condiții pentru separarea izotopilor carbonului (Figura 2 (b)). Interconectarea coloanelor de separare și sistemul complex de monitorizare permit realizarea separărilor izotopice în regim de cascadare sau în diferite regimuri de funcționare independentă a coloanelor și 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 colectării datelor necesare pentru proiectarea instalațiilor productive.

1.3. Instalația experimentală de separare a ^{13}C prin schimb chimic CO_2 - carbat

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

2. Echipamente pentru dezvoltarea aplicațiilor izotopice

Echipamentele utilizate în cadrul IZOSTAB permit dezvoltarea de metode analitice pentru identificarea trasorilor izotopici naturali, cu aplicații în știința mediului, ecologie și paleontologie. Rapoartele izotopilor stabili ușori, determinate prin *Spectrometria de Masă pentru Rapoarte Izotopice* (*Isotopic Ratio Mass Spectrometry, IRMS*), au diverse aplicații, dintre care enumerăm:

- 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.), în timp ce izotopii oxigenului dau informații despre paleotemperaturi;
- Compoziția izotopică a carbonului din turbării conduce la obținerea unor informații 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.

În acest context, rapoartele izotopilor stabili ușori oferă informații unice legate de sursele și consumatorii de gaze cu efect de seră.

În același timp, dezvoltarea și implementarea unor metode analitice avansate pentru determinarea gradului de îmbogățire izotopică precum și identificarea unor trasori izotopici și markeri moleculari - fiind parte integrantă a 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 compușilor organici sunt: ^1H , ^2H , ^{13}C , ^{15}N , ^{17}O , ^{19}F , ^{23}Na , ^{31}P , iar în cazul materialelor anorganice ^6Li , ^{11}B , ^{29}Si , ^{27}Al , ^{31}P , ^{33}S .

Un alt aspect important constă în actualizarea continuă a primei baze de date ce conține valorile izotopice ale precipitațiilor din Cluj-Napoca, bază de date unică la nivel național în ceea ce privește vechimea ei, conținând toate evenimentele de precipitații căzute în Cluj-Napoca din anul 1975 până în prezent.

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

- Spectrometrul RMN Bruker AVANCE III 500 MHz pentru probe lichide;
- Spectrometrul RMN Bruker AVANCE III 500 MHz pentru probe solide (Figura 3 (a));
- Spectrometrul IRMS Delta V Advantage (Figura 3 (b));
- Spectrometru de Masă cu Plasmă;
- Spectrometru cu Trapă Ionică;

- Spectrometru IRMS Isoprime 100;
- Sistem cuplat gaz cromatograf - spectrometru de masă;
- Cromatograf de lichide de înaltă performanță;
- Analizor izotopic pentru probe lichide DLT - 100.



Figura 3. Spectrometrul RMN Bruker AVANCE III (a) și spectrometrul IRMS Delta V Advantage (b).

3. Laborator de sinteză de compuși marcați izotopic

Activitățile productive de separare izotopică ^{15}N și ^{13}C ale IZOSTAB conduc la compușii: H^{15}NO_3 - grad de îmbogățire > 99%, ^{13}CO - grad de îmbogățire - 80%. Această „materie primă”, este utilizată ulterior în calitate de precursor primar 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 este utilat cu dotările necesare optimizării tehnologiilor de sinteză organică/anorganică și cu echipamente analitice de control al calității necesare pentru a satisface cerințele utilizatorilor. Pentru a valorifica această experiență acumulată, precum și avantajul competitiv al accesului la materii prime din resurse locale, preocuparea principală a laboratorului de sinteză de compuși marcați este dezvoltarea tehnologiilor specializate pe servicii de tip *custom isotopic labeling* - marcare izotopică personalizată.

4. Aparatura auxiliară

- 4.1. Instalație de producție a azotului lichid StirLIN 1 Compact;
- 4.2. Instalație de producție 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:			14,820,475.29	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 neesențiale	5,502,085.99	lei

2.4. SUPRAFAȚA IOSIN

Total:			1,232.0	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	1,232.0	mp
		din care:		
		Birouri	0.0	mp
		Spații tehnologice (hale, anexe)	1,103.0	mp
		Vestiare, grupuri sanitare, holuri	32.5	mp
		Laboratoare, ateliere	96.4	mp

2.5. DEVIZ POSTCALCUL ANUL 2023

Nr. crt.	CATEGORIE CHELTUIELI	TOTAL
1	Cheltuieli cu personalul, total, din care:	1,625,858.00
1.1.	Cheltuieli cu salarii directe	1,590,081.00
1.2.	Contribuții asiguratorii de muncă-CAM *	35,777.00
1.3.	Cheltuieli cu deplasările **	0.00
2	Cheltuielile cu materiile prime și materialele, total, din care:	272,722.00
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;	199,173.02
2.3.	Cheltuieli privind obiectele de inventar	31,304.23
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.	42,244.75
3	Cheltuielile cu serviciile prestate de terți, din care:	27,366.00
3.1.	Cheltuieli cu întreținerea și reparațiile, inclusiv amenajarea spațiilor;	0.00
3.2.	Cheltuieli cu redevențe, locații de gestiune și chirii;	0.00
3.3.	Cheltuieli cu transportul de bunuri;	104.79
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;	21,388.01
3.8.	Cheltuieli cu alte servicii strict necesare pentru instalația sau obiectivul special de interes național.	5,873.20
	Subtotal I (1+2)	1898,580.00
	Subtotal (1+2+3)	1925,946.00
4	Cheltuieli indirecte (regia) 20 % *** aplicabil la Subtotal (1+2+3)	374,052.00
	Total cheltuieli (1+2+3+4)	2,299,998.00

2.6. DEVIZ ESTIMATIV ANUL 2024

Nr. crt.	CATEGORIE CHELTUIELI	TOTAL
1	Cheltuieli cu personalul, total, din care:	1.525.051
1.1.	Cheltuieli cu salarii directe	1.491.492
1.2.	Contribuții asiguratorii de muncă-CAM *	33.559

Nr. crt.	CATEGORIE CHELTUIELI	TOTAL
1.3	Cheltuieli cu deplasările **	0
2	Cheltuielile cu materiile prime si materialele, total, din care:	255.000
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;	210.000
2.3.	Cheltuieli privind obiectele de inventar	25.000
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.	20.000
3	Cheltuielile cu serviciile prestate de terți, din care:	94.949
3.1.	Cheltuieli cu întreținerea și reparațiile, inclusiv amenajarea spațiilor;	40.000
3.2.	Cheltuieli cu redevențe, locații de gestiune și chirii;	0
3.3.	Cheltuieli cu transportul de bunuri;	0
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;	40.000
3.8.	Cheltuieli cu alte servicii strict necesare pentru instalația sau obiectivul special de interes național.	14.949
	Subtotal I (1+2)	1.780.051
	Subtotal (1+2+3)	1.875.000
4	Cheltuieli indirecte (regia) 20 % *** aplicabil la Subtotal (1+2+3)	375.000
	Total cheltuieli (1+2+3+4)	2.250.000

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

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

***) Se va specifica procentul

2.7. RELEVANȚA

Pe plan mondial există o mare nevoie de compuși marcați cu izotopi stabili, utilizați ca trăsori naturali ce pot fi înglobați în cele mai diverse molecule și utilizați în numeroase aplicații. Conform unui raport din 2019 al Markets&Markets, piața globală de compuși marcați cu izotopi stabili ușori se estimează că va atinge 312 milioane USD în 2024, plecând de la o valoare de 269 milioane USD în 2018, cu o rată medie de creștere anuală de 3% (<https://www.marketsandmarkets.com>). Pentru elaborarea raportului s-a ținut seama de informații din surse secundare, care includ Bloomberg, Hoovers și Factiva, dar și chestionare adresate experților din companiile producătoare de top, precum și altor factori importanți de pe piață. Au fost colectate și validate informații critice pentru evaluarea tendințelor pe perioada prognozată. Pentru a estima dimensiunile piețelor regionale și globale au fost utilizate abordări

de tip top-down și bottom-up, precum și tehnici de triangulație a datelor. Importantă pentru CCISU este concluzia cu privire la tendința de creștere a cererii din sectorul biotehnologiilor și cel farmaceutic, în special datorită aplicațiilor în proteomică. CCISU este singura infrastructură integrată de cercetare și producere a unor izotopi stabili din Uniunea Europeană. Solicitățile de colaborare adresate centrului 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 exprimat se concretizează în solicitarea de realizare a unor cercetări cu scopul transferului tehnologic și construirea unor platforme cu 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 importanță la nivel european și mondial. Acest domeniu reprezintă o prioritate pentru protejarea consumatorilor și sprijinirea concurenței loiale pe piața alimentelor și 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. Cei mai eficienți markeri pentru determinarea originii geografice a produselor alimentare sunt concentrațiile izotopice $\delta^2\text{H}$ și $\delta^{18}\text{O}$, iar amprenta izotopică a ^{13}C contribuie 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 obținuți din porumb în sucuri de fructe, miere. De asemenea, determinarea compoziției elementale și moleculare a produselor alimentare conduce la o rafinare a modelelor de diferențiere ale acestor matrici în raport cu diferite criterii de clasificare (origine geografică, producător, origine animală, etc.).

În România există tradiție în cercetarea și utilizarea izotopilor stabili și a substanțelor marcate, precum și a metodelor de analiză și diagnosticare izotopică. Protejarea producătorilor autohtoni prin autentificarea izotopică a produselor acestora este o necesitate și un serviciu necesar promovării zonelor rurale din România. Colaboratorii tradiționali ai Centrului sunt: Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Medico-Militară „Cantacuzino”, 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.

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 Centrului de Cercetare pentru Izotopi Stabili Ușori se integrează în domeniile strategice naționale/europene de cercetare cuprinse în Strategia de Dezvoltare a INCDTIM Cluj-Napoca pentru perioada 2023-2027. INCDTIM, prin activitățile specifice ale CCISU, și-a creat o reputație internațională solidă în domeniul izotopilor stabili ușori, prin participarea la proiecte și acțiuni colaborative de mare anvergură, dintre care menționăm: colaborările cu EURATOM pentru dezvoltarea de combustibili nucleari de tip nitrură, îmbogățiti 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 în prezent 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 comandă) 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 acordată utilizatorului cu privire la identificarea schemelor optime de marcă 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 de instalații de separare, testare de umpluturi 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 de metanol și alcoolii 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: începând cu 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					
R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
1	2	2	3	23	24	11	11	1252	1352	52	52

unde: P - valoare planificată pentru anul 2024
R - valoare realizată în anul 2023

Din punctul de vedere al utilizatorilor, alții decât personalul instalației de interes național:

- 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 NAȚIONALI:

- SC Farmec SA
- SC Jidvei SRL
- SC Lazar Holding Entreprise SRL
- Societatea Aqua Grand SRL
- Societatea Ferma Olariu SRL
- Societatea Mister Barber SRL
- Societatea Magus and Mars Ivanda SRL
- Sinteza SA
- SC Sanimed International Impex SRL
- TeraCrystal SRL
- Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu”
- Farmacia ALISSA SRL
- SC Eurosilva SRL
- SC Best on Work SRL
- SC Lavanda Lor SRL
- SC TBF OILS SRL.

UTILIZATORI ECONOMICI INTERNAȚIONALI:

Chimica Applicata Depurazione Acque SNC, Italia.

UTILIZATORI DIN CERCETARE - UNITĂȚI DE CD NAȚIONALE:

- Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Chimie și Inginerie Chimică
- Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Biologie și Geologie
- Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului
- Universitatea Babeș-Bolyai, Facultatea de Matematică și Informatică
- Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Facultatea de Automatică și Calculatoare.

UTILIZATORI DIN CERCETARE - UNITĂȚI DE CD INTERNAȚIONALE:

- Horizon Europe Framework Programme - HORIZON-MSCA-2022-SE-01
- Horizon Europe - Cluster 6: Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment
- European Reference Centre for Control in the Wine Sector.

PARTENERIATE / COLABORĂRI NAȚIONALE:

- Universitatea Babeș-Bolyai
- Universitatea Tehnică Cluj-Napoca
- Universitatea București, Facultatea de Geografie
- Universitatea de Medicină și Farmacie Iuliu Hațieganu
- Universitatea de Științe Agricole și Medicina Veterinară Cluj-Napoca
- Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare pentru Geologie și Geoecologie Marină - GeoEcoMar
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară "Horia Hulubei" - IFIN-HH - Extreme Light Infrastructure Nuclear Physics ELI-NP și 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
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Medico-Militară „Cantacuzino”
- Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Pedologie, Agrochimie și Protecția Mediului - INCDPAPM-ICPA București
- Rețea Națională de Cercetare-dezvoltare în Domeniul Nuclear și Radioactivitate.

PARTENERIATE / COLABORĂRI INTERNAȚIONALE:

- DarkSide Collaboration - ARIA Project
- 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 în domeniul separărilor izotopice și al sintezelor de substanțe marcate cu izotopi stabili, în conformitate cu misiunea și strategia acesteia, în 2023 a realizat două campanii experimentale (*Run01 ¹⁵N/2023* și *Run02 ¹⁵N/2023*) pentru optimizarea și dezvoltarea procesului de separare a azotului-15 prin schimb chimic în sistemul Nitrox. S-au realizat teste/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 recoltat probe de gaz pentru analize izotopice la fiecare 24 de ore. Probele astfel obținute au fost analizate conform procedurilor interne cu spectrometrul IRMS Isoprime 100. Durata totală a campaniilor a fost de 697 ore monitorizat cu 151 analize izotopice. În afara acestei perioade, s-au efectuat activitățile de întreținere și mentenanță ale instalațiilor de separare conform planurilor stabilite pentru anul 2023. În cadrul laboratorului de compuși marcați s-au realizat 40 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 patru produse noi (Glicină-2,2-D₂; L-Alanină-2-D; L-Lizină-2,2,6-D₃ și L-Triptofan-2-D). Totodată, pe parcursul anului 2023 pe baza colaborărilor interne și externe s-au realizat 59 de rapoarte de analiză folosind ca tehnică de analiză spectrometria de masă pentru rapoarte izotopice, atingând 1252 ore de utilizare și s-au măsurat - timp de 4183 ore - 476 de probe lichide și solide prin spectroscopia RMN.

2.11 GRADUL DE UTILIZARE

GRAD UTILIZARE	2023 [%]	2024 [%]	OBSERVATII
TOTAL	90	90	Activitățile abordate în 2023 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	72	70	
COMANDĂ UCD	3	5	
COMANDA OP. ECONOMIC	15	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 2023: 225.914,1 lei
- b. planificate a se realiza în anul 2024: 250.000,0 lei

2.12.2 CHELTUIELI DE DEZVOLTARE DIN SURSE ATRASE

- a. realizate în anul 2023: -
- b. planificate a se realiza în anul 2024: 50.000,0 lei

2.12.3 PARTENERIATE / COLABORARI INTERNATIONALE / NATIONALE

- a. realizate în anul 2023: 10
- b. planificate a se realiza în anul 2024: 12

2.12.4 ARTICOLE

- a. publicate în anul 2023: 15 (Anexa 1)
- b. planificate a se publica în anul 2024: 15

2.12.5 BREVETE / CERERI DE BREVET SOLICITATE

- a. realizate în anul 2023: 1 cerere de brevet
- b. planificate a se realiza în anul 2024: 0

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 - 2023: 6 vizite științifice organizate pentru masteranzi, studenți și elevi (Universitatea Babeș-Bolyai, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca și licee locale);

(ii) consultanțe/expertize asigurate de către personalul Centrului ca urmare a experienței dobândite în activitățile facilitate de IZOSTAB, la nivel național și internațional - 2023: 4 (Operatori economici naționali și internaționali (SC Jidvei SRL, SC Lavanda Lor SRL, S.C. SANIMED INTERNATIONAL IMPEX SRL și Chimica Applicata Depurazione Acque SNC));

¹ conform explicațiilor de la standardul de calitate

(iii) elaborare de comunicări științifice naționale/internaționale care sunt rezultatul activităților de cercetare-dezvoltare facilitate de către IZOSTAB - 2023: 10 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 stabil al elementelor biogenici;
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 lucrărilor publicate sau acceptate spre publicare în 2023

1. Synthesis and in silico approaches of new symmetric bis-thiazolidine-2,4-diones as ras and raf oncoproteins inhibitors, O. Crișan, G. Marc, C. Nastasă, S. Oniga, L. Vlase, A. Pîrnău, O. Oniga, *FARMACIA*, 2023, Vol. 71, 2, 254 - 263 (2023); IF: 1.6;
2. Application of fuzzy algorithms in conjunction with ¹H-NMR spectroscopy to differentiate alcoholic beverages, A. Pîrnău, I. Feher, C. Sârbu, A. R. Hategan, F. Guyon, D. A. Magdas, *J. Sci. Food Agric.*, 103: 1727-1735 (2023); IF: 4.1;
3. Antioxidant and Cytotoxic Activity of New Polyphenolic Derivatives of Quinazolin-4(3H)-one: Synthesis and In Vitro Activities Evaluation, R. Pele, G. Marc, I. Ionut, C. Nastasa, I. Fizesan, A. Pîrnău, L. Vlase, M. Palage, S. Oniga, O. Oniga, *Pharmaceutics*, 15, 136, 1 - 23 (2023); IF: 5.4;
4. Inclusion of a catechol-derived hydrazinyl-thiazole (CHT) in B-cyclodextrin nanocavity and its effect on antioxidant activity: A calorimetric, spectroscopic and molecular docking approach, M. Mic, A. Pîrnău*, C. G. Floare, M. D. Palage, Ovidiu Oniga, Gabriel Marc, *Antioxidants*, 12, 1367, 1 - 16 (2023); IF: 7.0;
5. Polydopamine conjugated SiO₂ nanoparticles as potential drug carriers for melanoma treatment, I.M. Buhazi, I.G. Grosu, X. Filip, A. Petran, S.C. Tripon, C.G. Floare, M. Suciu, *Therapeutic Delivery*, 14, 157-173 (2023); IF: 0.516;
6. What Is Wrong with Hyaluronic Acid Chemistry? A ¹⁵N/¹³C Solid-State NMR Re-Evaluation of Its Dopamine Conjugates, I.G. Grosu, A. Moș, X. Filip, C. Filip, *Polymers*, 15, 2825, 1-11 (2023); IF: 5.0;
7. Oxidative Polymerization of 3,4-Dihydroxybenzylamine - The Lower Homolog of Dopamine, A. Petran, C. Filip, D. Bogdan, C. Zimmerer, S. Beck, T. Radu, J. Liebscher, *Langmuir*, 39, 5610-5620 (2023); IF: 4.331;
8. Validation of gas chromatographic methods for lavender essential oil authentication based on volatile organic compounds and stable isotope ratios, Purna K. Khatrî, Mauro Paolini, Roberto Larcher, Luca Ziller, Dana Alina Măgdaș, Olivian Marinceaș, Alberto Roncone, Luana Bontempo, *Microchemical Journal*, 186, 108343 (2023); IF: 4.8;
9. Poly-2-aminomethyl-3-(3,4-dihydroxyphenyl)propionamide: From Structure to Properties, A. Petran, A. P. Crisă, C. Lar, A. Popa, T. Radu, A. Ciorita, D. Bogdan, M. Silion, and C. Filip, *ACS Applied Polymer Materials*, 5, 5, 3370-3380 (2023); IF: 4.855;
10. Compensation Effect in Catalytic Oxidation of Carbon Monoxide, A. Balla, C. Marcu, J.-Zs. Szűcs-Balázs, *Chemical Engineering & Technology*, 46, 410 - 414 (2023); IF: 2.1;
11. Novel Synthetic Dopamine Analogues: Carbon-13/Nitrogen-15 Isotopic Labeling and Fluorescence Properties, C. Lar, S. Radu, E. Gal, A. Falamas, J.-Z. Szucs-Balazs, C. Filip, A. Petran, *Analytical Letters*, 56(2), 170-182 (2023); IF: 2.267;
12. Discovery of New Hydrazone-Thiazole Polyphenolic Antioxidants through Computer-Aided Design and In Vitro Experimental Validation, Gabriel Marc, Anca Stana, Mihaela Tertiș, Cecilia Cristea, Alexandra Ciorîță, Ștefan-Mihai Drăgan, Vlad-Alexandru Toma, Raluca Borlan, Monica Focșan, Adrian Pîrnău, Laurian

Vlase, Smaranda Oniga and Ovidiu Oniga, International Journal of Molecular Sciences, 24(17) 13277, 1- 32 (2023); IF: 6.208;

13. Characterization of the Maximal Nutritional Value of Lactuca sativa (Lettuce) Based upon Elemental Analysis, Adriana Dehelean, Dana A. Magdas, Ioana Feher, Romulus H. Puscas, Ariana Raluca Hategan, Valentin Mirel, Simona Mirel. Carmen Crivii Analytical Letters, 2023, 56(2), 331-343; IF: 2.267;

14. Characterization of the Adsorption of Bisphenol A and Carbamazepine from Aqueous Solution on Graphene Oxide and Partially Reduced Graphene Oxide by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), Cornelia Veronica Floare-Avram, Olivian Marincas, Ioana Feher, Florina-Dorina Covaciu, Calin Gabriel Floare, Mihaela Diana Lazar and Dana Alina Magdas, Analytical Letters, 2023, 56(2), 272-285; IF: 2.267;

15. Botanical characterization and authentication of lavender essential oil using its volatile organic compounds and compound-specific carbon and hydrogen isotope ratio analysis Purna K. Khatri, Mauro Paolini, Roberto Larcher, Luca Ziller, Dana Alina Magdas, Olivian Marincas, Alberto Roncone, Luana Bontempo, Food Control, 2023, 154, 110002; IF: 6.652.

Cerere de brevet de invenție

1. Umplutură cu polidopamină (PDA), hidrofilă, pentru utilizare în instalația de separare a ^{18}O prin distilarea H_2O , J-Zs. Szücs-Balázs, A.C. Petran, C. Lar, C.M. Marcu, S. Radu, A.C. Balla, C.O. Filip, OSIM 2023.

Participări la conferințe naționale și internaționale

1. New random packing modular testing plant for ^{18}O isotope separation through H_2O vacuum distillation, S Bugeac, S Radu, J-Zs Szucs-Balazs and M Gligan; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
2. Methods for characterization of random packings used in isotope separation, S Radu, A Balla, Ș Bugeac, C Lar, C Marcu, C Varodi and J-Zs Szücs-Balázs; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
3. Optimum design of multi-stage separation cascades for oxygen isotope separation, J-Zs, Szücs-Balázs, A Balla, Ș Bugeac, C Lar, C Marcu, S Radu, C Varodi, and M Gligan; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
4. Ruthenium type catalyst for selective deuteration of amino acids, C Lar, S Radu, A Balla, C Marcu, C Varodi, Ș Bugeac and J-Zs Szücs-Balázs; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
5. Isotopic and elemental fingerprint - an effective association for vegetable's authentication, V Mirel, G Cristea, A Dehelean, R Puscas, A Magdas; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
6. Bottled water for babies versus bottled spring water - elemental and isotopic profile, Z Balazs, C Voica, A Dehelean, G Cristea, R Puscas, A Magdas; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
7. Antioxidant Activity Evaluation and Assessment of the Binding Affinity to HSA of a New Catechol Hydrazinyl-Thiazole Derivative, A Pîrnău, M Mic, C G Floare, M Bogdan, B M Tihăuan, O Oniga, G Marc; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
8. Inclusion of CHT in β -cyclodextrin nanocavity and its effect on antioxidant potential of CHT: A calorimetric, spectroscopic and molecular docking approach, M Mic, A Pîrnău, C G Floare, M Miclăuș, I Kacso, B M Tihăuan, O Oniga, G Marc; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
9. Investigation of Vitamin C and β -cyclodextrin interactions in liquid and solid state, I Kacso, M Mic, M Miclaus, C Floare, X Filip and A Pîrnău; "14th International Conference Processes in Isotopes and Molecules - PIM 2023", 19-22 septembrie 2023, Cluj-Napoca
10. Theoretical design of a combined separation cascade for nitrogen isotope separation, J-Zs Szücs-Balázs, A Balla, Ș Bugeac, C Lar, C Marcu, S Radu, C Varodi, M Gligan; 24th International Conference "New Cryogenic and Isotope Technologies for Energy and Environment"-EnergEn 2023,