

Raport științific final (2021 - 2023)

Competiția:	Proiect experimental demonstrativ - PED 2019
Nr. contract:	500PED/2021
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PED-2019-2410
Domeniul de cercetare:	ECO-NANO-TECHNOLOGY AND ADVANCED MATERIALS Subdomeniul - Advanced materials
Titlul :	Sistem integrat portabil pentru detectia rapida si selectiva a Sunset Yellow (Portable integrated system for rapid and selective Sunset Yellow Detection)
Acronim:	PORTA-SYD
Data începere proiect:	01/06/2021
Data finalizare proiect:	31/05/2023
Durata (luni):	24
Buget total:	635.000 RON
Sursa 1 Bugetul de stat	600.000 RON
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	35.000 RON
Pagina web proiect:	https://www.itim-cj.ro/PNCDI/porta-syd
Instituția coordonatoare:	INSTITUTUL NATIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII IZOTOPICE SI MOLECULARE I N C D T I M
Director de proiect:	Lidia Magerusan
Partener 1 proiect (P1):	SITEX 45 SRL

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate.

Scopul primordial al proiectului PORTA-SYD a fost a acela de a scoate un material nanocompozit din laborator si de a-l transfera intr-o aplicatie reala care exploatează la maxim proprietățile extraordinare si versatile ale grafenei, prin integrarea de electrozi modificați in noi sisteme electronice care pot revoluționa mai multe industrii, în special aplicațiile pe baza de senzori, cu impact direct asupra științelor vieții si sanataii. In acest sens **obiectivul principal al proiectului a constat in dezvoltarea și validarea unei tehnologii de laborator pentru fabricarea unei platforme electrochimice de detectie, adaptata pentru analiza cantitativa rapida, in timp real, la fata locului, a concentratiilor scazute de Sunset Yellow din diferite bauturi si produse alimentare disponibile comercial.** Pentru atingerea scopului final propunerea de proiect a vizat mai multe obiective specifice, cu activitatile stiintifice aferente, impartite in trei etape, corespunzatoare celor trei ani (cu un total cumulata de 24 de luni) de desfasurare ai proiectului, dupa cum urmeaza:

ETAPA I (iunie 2021 – decembrie 2021)

O1	Prepararea si caracterizarea morfo-structurata a noului material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	REALIZAT INTEGRAL
Activitatea 1.1	Prepararea materialului nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	

Activitatea 1.2	Caracterizarea morfologica si structurala a materialului nanocompozit pe baza de chitosan si grafene
------------------------	--

Prin activitatile desfasurate in cadrul primului obiectiv al proiectului s-a reusit *dezvoltarea si implementarea protocolului necesar pentru prepararea unui nou material nanocompozit pe baza de polimeri si grafene* prin dezvoltarea unei metode rapide, ecologice si necostisitoare; dar si caracterizarea morfo-structurala a materialului astfel obtinut; coordonatorul proiectului (CO) - INCDTIM Cluj-Napoca fiind direct responsabil pentru desfasurarea acestor activitati. Echipa de cercetare CO a realizat sinteza materialului prin metoda exfolierii electrochimice a grafitului fara utilizarea solventilor organici si a efectuat caracterizarea completa a nanocompozitului obtinut din punct de vedere structural si morfologic prin difractie de raze X (XRD), spectroscopie Raman si microscopie electronica de transmisie (TEM), microscopie electronica de baleiaj (SEM), maparea STEM-EDX pentru a determina distributia elementelor componente, spectroscopie FTIR si spectroscopie fotoelectronica in domeniul razelor X (XPS) in vederea confirmarii compozitiei structurale si a dopajului cu heteroatomi.

REZULTATE OBTINUTE		
D1.1		Raport privind metoda de preparare si caracteristicile morfo-structurale ale nanomaterialului pe baza de chitosan si grafene
D1.2.		Un nou nanomaterial pe baza de chitosan si grafene
Lucrările științifice și comunicările științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice ale ETAPEI I		
Articole cotate ISI	1	<i>Hydrothermal Synthesis of Nitrogen, Boron Co-Doped Graphene with Enhanced Electro-Catalytic Activity for Cymoxanil Detection</i> Codruta Varodi, Florina Pogacean, Maria Coros, Lidia Magerusan, Raluca-Ioana Stefan-van Staden, Stela Pruneanu - SENSORS 21: 6630 (2021) https://doi.org/10.3390/s21196630
Lucrari prezentate la Conferinte Nationale / Internationale	1	<i>Chitosan/carbon based nanocomposite with applicability in Sunset Yellow electrochemical detection</i> Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu - poster presentation (23 rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August 2021, Burgas, Bulgaria)
	2	<i>Green preparation and applicability of chitosan/carbon based nanomaterial in Sunset Yellow electrochemical detection</i> Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu - poster presentation (13 th INTERNATIONAL CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, Romania)
	3	<i>Enhancement of biomolecules detection with graphene modified electrodes</i> Stela Pruneanu, Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Alexandru Turza and Lidia Magerusan - poster presentation (23 rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August 2021, Burgas, Bulgaria)
	4	<i>Detection of 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine Biomarker with Modified Electrode with Graphene</i> Florina Pogacean, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Maria Coros, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - poster presentation (23 rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August 2021, Burgas, Bulgaria)
	5	<i>Electrochemical detection of His-Tagged CA19-9 Antigen with triple-doped graphene modified electrode;</i> Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Lucian Barbu-Tudoran, Stela Pruneanu - poster presentation (13 th INTERNATIONAL CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, Romania)

	6	<i>Electrochemical detection of 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine biomarker with new graphene modified carbon electrode</i> Codruta Varodi, Florina Pogacean, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Lucian-Barbu Tudoran, Stela Pruneanu - poster presentation (13 th INTERNATIONAL CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, Romania)
	7	<i>Electrocatalytic properties of NGr-ZnO hybrid materials</i> Florina Pogacean, Maria Stefan, Codruta Varodi, Maria Coros, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - e-poster presentation (THE 6 th EDITION OF THE EUROPEAN GRAPHENE FORUM - EGF 2021, 20-22 Octombrie, Milano, Italia)
	8	<i>Applications of Graphene Modified Electrodes</i> Stela Pruneanu, Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, and Alexandra Ciorita – invited speaker (THE 6 th EDITION OF THE EUROPEAN GRAPHENE FORUM - EGF 2021, 20-22 Octombrie, Milano, Italia)

ETAPA II (ianuarie 2022 – decembrie 2022)

O2	Optimizarea procesului de proiectare a electrozilor modificati	REALIZAT INTEGRAL
Activitatea 1.3	Electrozi de carbune sticlos avand suprafata activa modificata cu noul material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	
Activitatea 1.4	Electrozi serigrafati avand suprafata activa modificata cu noul material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	

Activitatile de *optimizare a procesului de proiectare a electrozilor modificati* au presupus implicarea atat a echipei de cercetare a coordonatorului CO cat si a partenerului economic P1 (Sitex 45 SRL Bucuresti). Partenerii au intreprins activitati de cercetare specific concepute pentru a obtine electrozi (atat clasici cat si serigrafati) avand suprafata activa modificata cu noul material hibrid pe baza de chitosan si grafene. S-a investigat posibilitatea utilizarii materialului nanocompozit in modificarea a doua suprafete de detectie diferite de tipul: electrozi de carbune sticlos (GCE) si electrozi serigrafati pe baza de carbon (SPE).

REZULTATE OBTINUTE	
D1.3.	Raport privind proiectarea noilor senzori obtinuti prin utilizarea materialului nanocompozit pe bază de chitosan/grafene
D1.4.	Electrozi de carbune sticlos modificati cu material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene
D1.5.	Electrozi serigrafati modificati cu material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene

O3	Caracterizarea și testarea aplicabilității noilor electrozi modificați în detecția selectiva a colorantului alimentar Sunset Yellow	REALIZAT INTEGRAL
Activitatea 2.1	Caracterizarea comportamentului electrochimic asociat electrozilor de cărbune sticlos având suprafața activă modificată cu noul material nanocompozit pe baza de chitosan și grafene	
Activitatea 2.2:	Caracterizarea comportamentului electrochimic asociat electrozilor serigrafiați având suprafața activă modificată cu noul material nanocompozit pe bază de chitosan și grafene	

Pentru atingerea obiectivului trei cei doi parteneri s-au angrenat in activitati de testare si caracterizare a comportamentului electrochimic asociat suprafetelor modificate anterior obtinute. In principal s-a avut in vedere determinarea capacitatii de detectie si cuantificare a colorantului

alimentar Sunset Yellow din diferite solutii de laborator prin diferite tipuri de masuratori electrochimice. In efectuarea experimentelor de voltametrie ciclica electrozii modificati au avut rol de electrod de lucru intr-o celula electrochimica simpla, alaturi de un contra-electrod de Pt si un electrod de referință Ag/AgCl. S-a dezvoltat protocolul de detectie a colorantului alimentar pentru cele doua tipuri de suprafete modificate cu grafene avute in vedere.

REZULTATE OBTINUTE	
D2.1.	Raport privind aplicabilitatea electrozilor de carbune sticlos si a celor serigrafati avand suprafata activa modificată cu noul nanocompozit pe baza de chitosan si grafene in detectia selectivă a SY (influența electrolitului si valoarea pH-ului soluției; răspunsul electrochimic al electrozilor modificați în diferite soluții de laborator conținând concentrații crescânde de SY (de la 0.1 până la 100 μM); determinarea intervalului liniar și a limitei de detectie - LOD; studii de interferență

O4	Testarea eficienței electrozilor modificați în probe reale	REALIZAT INTEGRAL
Activitate 2.3	Determinarea răspunsului electrochimic caracteristic electrozilor modificați folosind probe reale	
Activitate 2.4	Validarea electrozilor modificați nou proiectați ca instrumente de măsură pentru detectia selectivă și sensibilă a concentrațiilor scăzute de SY din diferite băuturi și produse alimentare disponibile comercial	

Activitățile de cercetare desfasurate au vizat testarea aplicabilitatii noilor senzori dezvoltati în detectia și cuantificarea colorantului alimentar Sunset Yellow din diverse eşantioane de probe reale din industria alimentară (băuturi carbogazoase si necarbogazoase cu aroma de portocale si lamaie; dropsuri, jeleuri gumate, acadele) dar si pe formulari farmaceutice in a caror compozitie se mentioneaza prezenta colorantului pe lista de ingrediente (ex. Triferment, Strepsils, Nurofen, Panadol). De asemenea s-a realizat proiectarea incipientă, conceptuală a unei platforme electrochimice de detectie selectivă a concentrației colorantului alimentar SY prin programarea analitică și digitală a algoritmilor complecși necesari pentru construirea acesteia.

REZULTATE OBTINUTE		
D2.2.	Raport privind comportamentul electrochimic asociat electrozilor modificati in probe reale	
D2.3.	Raport preliminar privind specificațiile necesare pentru fabricarea unui mini-dispozitiv electronic portabil de detectie	
Lucrările științifice și comunicările științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice ale ETAPEI II		
Articole cotate ISI	1	<i>Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in caffeic acid electrochemical assay</i> Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu – BIOELECTROCHEMISTRY 2022, 148:108228 (IF = 5.76) https://10.1016/j.bioelechem.2022.108228
	2	<i>Sulphur-doped graphene based sensor for rapid and efficient gallic acid detection from food related samples</i> Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Simona Rada, Stela Pruneanu – JOURNAL OF THE TAIWAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS 2022, 140:104539 (IF = 5.477) https://doi.org/10.1016/j.jtice.2022.104539
	3	<i>Highly Sensitive Electrochemical Detection of Azithromycin with Graphene-Modified Electrode</i> Florina Pogacean, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Raluca-Ioana Stefan-van Staden, Stela Pruneanu - SENSORS 2022, 22(16): 6181 (IF = 3.847)

		https://doi.org/10.3390/s22166181
	4	<i>Enhanced acetaminophen electrochemical sensing based on nitrogen-doped graphene</i> Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu – INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES 2022, 23(23):14866 (IF = 6.208) https://doi.org/10.3390/ijms232314866
Lucrari prezentate la Conferinte Nationale / Internationale	1	<i>Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay</i> Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 14 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON NANOMATERIALS - RESEARCH & APPLICATION (NANOCON 2022), 19-21 Octombrie 2022, Brno, Cehia
	2	<i>Highly Sensitive Chitosan/Carbon Based Electrochemical Sensor for Sunset Yellow Detection from Food Related Samples</i> Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 12 th INTERNATIONAL CONFERENCE NANOMATERIALS: APPLICATIONS & PROPERTIES (IEEE 2022), 11-16 Septembrie 2022, Cracovia, Polonia
	3	<i>Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in caffeic acid electrochemical assay</i> Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 24 rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August, Burgas, Bulgaria
	4	<i>Highly sensitive electrochemical sensor for gallic acid detection from food related samples</i> Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 24 rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August, Burgas, Bulgaria
	5	<i>Electrochemical detection of L-Tyrosine using Nitrogen-doped graphene modified glassy carbon electrode</i> Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Stela Pruneanu - poster presentation 24 rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August, Burgas, Bulgaria
	6	<i>Nitrogen, sulfur co-doped graphene as efficient electrode material for L-cysteine detection</i> Florina Pogacean, Maria Coros, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - poster presentation 2 nd INTERNATIONAL CONFERENCE MATERIALS & NANOMATERIALS (M&Ns 2022), 25-27 Iulie, Roma, Italia

ETAPA III (ianuarie 2023 – mai 2023)

O5	Validarea tehnologiei de laborator pentru detectia selectiva a colorantului alimentar Sunset Yellow	REALIZAT INTEGRAL
Activitate 3.1	Formularea conceptului, proiectarea, dezvoltarea și fabricarea componentelor electronice necesare construirii platformei portabile de detectie	
Activitate 3.2	Dezvoltare de software si hardware; asamblarea modelului experimental	
Activitate 3.3	Testarea noului sistem de detectie electrochimică PORTA-SYD în condiții de laborator	
Activitate 3.4	Validarea eficientei sistemului integrat portabil dezvoltat în probe reale	

Activitatile de cercetare desfasurate in colaborare de catre cei doi parteneri de lucru si-au propus proiectarea, fabricarea si realizarea unui prototip experimental de dispozitiv electronic de detectie electrochimica a colorantului alimentar Sunset Yellow. Pentru aceasta s-au proiectat si s-au fabricat componentele electronice necesare construirii platformei de detectie: placa electronica pentru achizitia semnalului - convertorul USB-UART; microcontrolerul; amplificatorul diferential de tip

electrometru; sursa de alimentare, placa electronica pentru controlul afisajului si s-a realizat proiectarea si fabricarea cablajelor imprimate PCB dublu strat. De asemenea s-a realizat dezvoltarea software si hardware (scrierea rutinelor de lucru pentru programul aplicatiei la nivelul calculatorului; dar si a programului implementat la nivelul microcontrolerelor) tabloul fiind intregit de ansamblarea tuturor componentelor in vederea fabricarii modelului experimental, prototipul PORTA-SYD. In cele din urma, tehnologia de laborator dezvoltata a fost testată, optimizată și validată cu succes la nivel de laborator prin masuratori folosind atat solutii standard, cat si esantioane de probe reale.

REZULTATE OBTINUTE		
D3.1.		Raport privind proiectarea, dezvoltarea și fabricarea sistemului integrat portabil PORTA-SYD destinat detectiei selective si rapide a concentratiilor scazute de SY din diferite bauturi si produse alimentare disponibile comercial
D3.2.		Raport privind funcționalitatea sistemului PORTA-SYD în condiții de laborator
D3.3.		Raport privind funcționalitatea sistemului PORTA-SYD în probe reale
D3.4.		Prototip funcțional - Sistem integrat portabil pentru detectia rapida si selectiva a Sunset Yellow 'PORTA-SYD'
Lucrările științifice și comunicările științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice ale ETAPEI II		
Articole cotate ISI	1	<i>Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay</i> Lidia Măgerușan, Florina Pogăcean, Bogdan Ionut Cozar, Stela Pruneanu – SENSORS 2023, 23, 2160 (IF = 3.847) https://doi.org/10.3390/s23042160
	2	<i>Antibacterial Enhancement of High-Efficiency Particulate Air Filters Modified with Graphene-Silver Hybrid Material</i> Alexandra Ciorita, Maria Suci, Maria Coros, Codruta Varodi, Florina Pogacean, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Raluca-Ioana Stefan-van Staden, Stela Pruneanu – MICROORGANISMS 2023, 11(3):745 (IF = 4.926) https://doi.org/10.3390/microorganisms11030745
	3.	<i>Highly Sensitive Graphene-Based Electrochemical Sensor for Nitrite Assay in Waters</i> Florina Pogacean, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Stela Pruneanu - NANOMATERIALS 2023, 13(9): 1468 (IF = 5.719) https://doi.org/10.3390/nano13091468
	4.	<i>Enhancement of dopamine electrochemical detection with manganese doped crystalline copper oxide</i> Simona Guțoiu, Florina Pogacean, Lidia Măgerușan, Maria Olimpia Miclăuș, Oana Grad, Ioan-Ovidiu Pană, Stela Pruneanu – aflat in evaluare la COATINGS (IF = 3.236)
	5	<i>Selective graphene-based electrochemical sensing platform for enhanced sulfamethoxazole assay</i> Lidia Măgerușan, Florina Pogăcean, Stela Pruneanu – aflat in evaluare la CHEMOSENSORS (IF = 4.229)
Lucrari prezentate la Conferinte Nationale / Internationale	1	<i>Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay</i> <u>Lidia Magerusan</u> - poster presentation 24rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES , 17-20 August 2023, Burgas, Bulgaria
	2.	<i>Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in gallic acid electrochemical assay from food related samples</i> Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Simona Rada, Codruta Varodi, Stela Pruneanu - poster presentation 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES (PIM 2023) , 19-21 Septembrie, Cluj-Napoca, Romania
	3.	<i>Enhanced Acetaminophen Electrochemical Sensing Based on Nitrogen-Doped Graphene</i> Florina Pogacean, Lidia Magerusan, Codruta Varodi, Stela Pruneanu - poster

		presentation 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES (PIM 2023) , 19-21 Septembrie, Cluj-Napoca, Romania
	4.	<i>Highly Sensitive Graphene-Based Electrochemical Sensor for Nitrite Assay in Waters</i> Stela Pruneanu, Florina Pogacean, Lidia Magerusan, Codruta Varodi - poster presentation 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES (PIM 2023) , 19-21 Septembrie, Cluj-Napoca, Romania

O6	Managementul proiectului și diseminarea rezultatelor	REALIZAT INTEGRAL
-----------	---	--------------------------

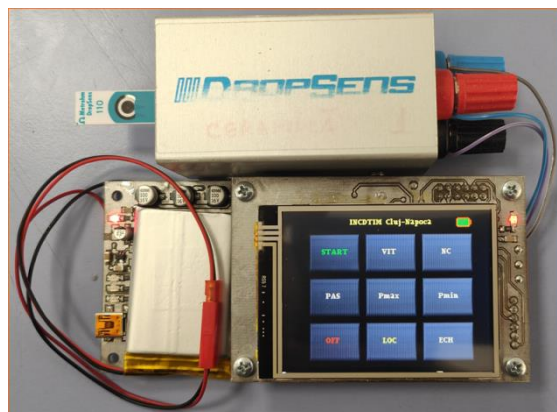
Pe întreaga perioadă de implementare a proiectului a existat și un obiectiv general de management și diseminare a rezultatelor care a permis bună coordonare a celor două echipe de lucru, a activităților desfășurate și valorificarea cât mai eficientă a rezultatelor obținute. Obiectivele proiectului au fost atinse integral, iar din punct de vedere al diseminării științifice a rezultatelor proiectului nu doar că s-au atins indicatorii asumați prin proiect dar s-au și depășit consistent atât cantitativ cât și din punct de vedere calitativ; pentru publicarea rezultatelor țintindu-se jurnale internaționale cu mare vizibilitate și factori de impact ridicați: INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR (IF = 6.208); BIOELECTROCHEMISTRY (IF = 5.76); JOURNAL OF THE TAIWAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (IF = 5.477); NANOMATERIALS (IF = 5.719); MICROORGANISMS (IF = 4.926); SENSORS (IF = 3.847); COATINGS (IF = 3.236). Rezultatele s-au concretizat prin publicarea a 10 articole cotate ISI și prin prezentarea a 18 lucrări la diferite manifestări științifice internaționale. Ținând cont de cele prezentate putem spune că obiectivele asumate au fost îndeplinite în totalitate, iar rezultatele obținute sunt în concordanță cu țintele propuse.

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.

Conform celor prezentate în propunerea de proiect, pornind de la datele obținute până la momentul depunerii proiectului, s-a plecat de la un nivel de maturitate tehnologică TRL 3. Echipa coordonatoare dispunea de toate cunoștințele necesare privind metoda de obținere și caracterizare morfo-structurală a nanocompozitului pe baza de chitosan și grafene, iar bazele procesului de modificare a suprafețelor active în vederea utilizării acestora în experimente electrochimice de detecție existau. Luând în considerare rezultatele obținute la sfârșitul proiectului, care constau în validarea la nivel de laborator a unei tehnologii de detecție selectivă și rapidă a concentrațiilor scăzute de colorant alimentar Sunset Yellow prin fabricare și testarea unei platforme electrochimice de detecție care integrează conceptului bazat pe tehnologia electrozilor modificați cu grafene, putem concluziona că nivelul de maturitate tehnologică atins se situează la TRL 4.

3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Denumirea produsului: **Prototip funcțional - Sistem integrat portabil pentru detecția rapidă și selectivă a Sunset Yellow 'PORTA-SYD'**



Specificații tehnice:

<ul style="list-style-type: none"> • domeniul de variație al potențialului: programabil în domeniul -2.4998V... +2.49V având increment minim teoretic de 76.13μV, iar practic aplicabil 2.49mV în funcție de numărul de pași rezultați din calculul efectuat de microcontrolerul sistemului
<ul style="list-style-type: none"> • un număr de max. 2000 de pași cu determinarea automata a valorii pasului, funcție de viteza de scanare impusă
<ul style="list-style-type: none"> • domeniul de măsură pentru curentul rezultat la extremele de potențial ajunge la valorile $\pm 350\mu\text{A} \div \pm 50\text{nA}$ cu increment minim dat de pasul de potențialul aplicat pe senzor
<ul style="list-style-type: none"> • offset-ul de curent pentru circuitul de intrarea al convertorului de trans-impedanță este de max. $\pm 10\text{pA}$
<ul style="list-style-type: none"> • impedanța de intrarea a amplificatorului diferențial de ordinul a $10^{13} \parallel 5 (\Omega \parallel \text{pF})$.

Domeniu de aplicabilitate: Industria alimentara, Industria farmaceutica, Monitorizarea mediului

Prototipul fabricat poate constitui baza de plecare in construcția pe scara larga a unor aparate portabile de monitorizare, detecție si cuantificare a aditivului alimentar cu potențial toxic Sunset Yellow.

Proiectul PORTA-SYD și-a atins toți indicatorii și obiectivele specificate în cererea de finanțare. În acest sens s-a analizat experimental și s-a validat cu succes la nivel de laborator tehnologia inovativă de detecție selectiva si rapida a concentrațiilor scăzute de colorant alimentar Sunset Yellow prin fabricarea si testarea unei platforme electrochimice de detecție bazata pe integrarea electrozilor modificați cu grafene in arhitecturi electronice complexe.

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Scopul declarat al proiectului a fost de dezvoltare a unei tehnologii economice inovatoare cu impact direct în sănătate și științele vieții. Proiectul PORTA-SYD a avut un caracter multidisciplinar îmbinând chimia, fizica, știința materialelor, prelucrarea și ingineria. Astfel, pe langa obiectivul major al proiectului care a constat in *dezvoltarea, testarea si validarea la nivel de laborator a unei platforme electrochimice de detecție selectiva a colorantului alimentar Sunset Yellow*, s-a reușit obținerea unor rezultate cu impact major in ceea ce privește cercetarea fundamentala dar si aplicabilitatea si posibilitatea transferului de cunoștințe la nivel industrial. Activitățile de cercetare întreprinse în cadrul proiectului au oferit noi perspective asupra: (a) preparării nanocompozitelor pe baza de polimeri si grafene prin metodologii ecologice și cu costuri reduse; (b) înțelegerii modului în care grafenele pot îmbunătăți performanțele compozitelor; (c) utilizării materialelor pe baza pe grafene pentru dezvoltarea de electrozi modificați cu selectivitate ridicată pentru detecția analiților țintă; (d)

proiectării, fabricării și testării componentelor electronice necesare pentru construirea unui prototip de dispozitiv de detecție electrochimică.

Integrarea componentelor electronice proiectate și adaptarea unui aparat compact deschide noi orizonturi în ceea ce privește îmbunătățirea flexibilității, costurilor de operare și investiție față de echipamentele existente (asigurând replicabilitatea și scalarea soluției propuse). Aceasta permite integrarea tehnologiei dezvoltate, care poate fi ulterior oferită diferiților agenți economici și potențialilor utilizatori finali.

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

Din punct de vedere științific, pentru diseminarea rezultatelor proiectului s-a avut în vedere publicarea de articole în reviste științifice cu factor de impact ridicat (ex. INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES - **IF = 6.208**; BIOELECTROCHEMISTRY **IF = 5.76**; JOURNAL OF THE TAIWAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS **IF = 5.477**; CHEMOSENSORS - **IF = 4.229**; MICROORGANISMS - **IF = 4.926**; SENSORS - **IF = 3.847**; COATINGS - **IF = 3.236**) și prezentarea la diverse manifestări internaționale, relevante, în domeniu (ex. 23rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES; 13th INTERNATIONAL CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021; THE 6th EDITION OF THE EUROPEAN GRAPHENE FORUM - EGF 2021; 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON NANOMATERIALS - RESEARCH & APPLICATION - NANOCON 2022; 12th INTERNATIONAL CONFERENCE NANOMATERIALS: APPLICATIONS & PROPERTIES - IEEE 2022; 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE MATERIALS & NANOMATERIALS - M&Ns 2022). Astfel, rezultatele s-au concretizat în publicarea a 10 articole cotate ISI și a 18 lucrări prezentate la conferințe internaționale (detalii suplimentare în ceea ce privește aceste rezultate sunt furnizate în tabelul care prezintă livrabilele de la punctul 6).

Din punct de vedere al exploatarei practice datele experimentale obținute și validate pe parcursul desfășurării proiectului, concretizate în fabricarea prototipului platformei electrochimice de detecție PORTA-SYD, se constituie în elemente relevante pentru transferul acestei tehnologii către mediul economic și a transpunerii la scară largă a tehnologiei inovative de detecție electrochimică a colorantului azoic Sunset Yellow.

6. Prezentarea livrabilelor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Indicatorii și livrabilele propuse în cererea de finanțare a proiectului PORTA-SYD au fost realizați integral conform celor prezentate în tabelul de mai jos și în cadrul rapoartelor științifice anuale pe întreaga durată de realizare a proiectului.

Nr. crt	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați	Nr
1.	Raport privind metoda de preparare și caracteristicile morfo-structurale ale nanomaterialului pe baza de chitosan și grafene	1	Raport privind metoda de preparare și caracteristicile morfo-structurale ale nanomaterialului pe baza de chitosan și grafene	1
2.	Un nou nanomaterial pe baza de chitosan și grafene	1	Un nou nanomaterial pe baza de chitosan și grafene	1
3.	Raport privind proiectarea noilor senzori obținuți prin utilizarea materialului nanocompozit pe bază de chitosan/grafene	1	Raport privind proiectarea noilor senzori obținuți prin utilizarea materialului nanocompozit pe bază de chitosan/grafene	1

4.	Electrozi de carbune sticlos modificati cu material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	-	Electrozi de carbune sticlos modificati cu material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	15
5.	Electrozi serigrafati modificati cu material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	-	Electrozi serigrafati modificati cu material nanocompozit pe baza de chitosan si grafene	10
6.	Raport privind aplicabilitatea electrozilor de carbune sticlos si a celor serigrafati avand suprafata activa modificată cu noul nanocompozit pe baza de chitosan si grafene in detectia selectivă a SY (influența electrolitului si valoarea pH-ului soluției; răspunsul electrochimic al electrozilor modificați în diferite soluții de laborator conținând concentrații crescânde de SY (de la 0.1 până la 100 μ M); determinarea intervalului liniar și a limitei de detectie - LOD; studii de interferență	1	Raport privind aplicabilitatea electrozilor de carbune sticlos si a celor serigrafati avand suprafata activa modificată cu noul nanocompozit pe baza de chitosan si grafene in detectia selectivă a SY (influența electrolitului si valoarea pH-ului soluției; răspunsul electrochimic al electrozilor modificați în diferite soluții de laborator conținând concentrații crescânde de SY (de la 0.1 până la 100 μ M); determinarea intervalului liniar și a limitei de detectie - LOD; studii de interferență	1
7.	Raport privind comportamentul electrochimic asociat electrozilor modificati in probe reale	1	Raport privind comportamentul electrochimic asociat electrozilor modificati in probe reale	1
8.	Raport preliminar privind specificațiile necesare pentru fabricarea unui mini-dispozitiv electronic portabil de detectie	1	Raport preliminar privind specificațiile necesare pentru fabricarea unui mini-dispozitiv electronic portabil de detectie	1
9.	Raport privind proiectarea, dezvoltarea și fabricarea sistemului integrat portabil PORTA-SYD destinat detectiei selective si rapide a concentratiilor scazute de SY din diferite bauturi si produse alimentare disponibile comercial	1	Raport privind proiectarea, dezvoltarea și fabricarea sistemului integrat portabil PORTA-SYD destinat detectiei selective si rapide a concentratiilor scazute de SY din diferite bauturi si produse alimentare disponibile comercial	1
10.	Raport privind funcționalitatea sistemului PORTA-SYD în condiții de laborator	1	Raport privind funcționalitatea sistemului PORTA-SYD în condiții de laborator	1
11.	Raport privind funcționalitatea sistemului PORTA-SYD în probe reale	1	Raport privind funcționalitatea sistemului PORTA-SYD în probe reale	1
12.	Prototip funcțional - Sistem integrat portabil pentru detectia rapida si selectiva a Sunset Yellow 'PORTA-SYD'	1	Prototip funcțional - Sistem integrat portabil pentru detectia rapida si selectiva a Sunset Yellow 'PORTA-SYD'	1
13.	ARTICOLE COTATE ISI	-	1. <i>Hydrothermal Synthesis of Nitrogen, Boron Co-Doped Graphene with Enhanced Electro-Catalytic Activity for Cymoxanil Detection</i> Codruta Varodi, Florina Pogacean, Maria Coros, Lidia Magerusan, Raluca-Ioana Stefan-van Staden, Stela Pruneanu - SENSORS 21: 6630 (2021) (IF = 3.847)	10

		<p>https://doi.org/10.3390/s21196630</p> <p>2. Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in caffeic acid electrochemical assay Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu – BIOELECTROCHEMISTRY 2022, 148:108228 (IF = 5.76) https://10.1016/j.bioelechem.2022.108228</p> <p>3. Sulphur-doped graphene based sensor for rapid and efficient gallic acid detection from food related samples Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Simona Rada, Stela Pruneanu – JOURNAL OF THE TAIWAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS 2022, 140:104539 (IF = 5.477) https://doi.org/10.1016/j.jtice.2022.104539</p> <p>4. Highly Sensitive Electrochemical Detection of Azithromycin with Graphene-Modified Electrode Florina Pogacean, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Raluca-Ioana Stefan-van Staden, Stela Pruneanu - SENSORS 2022, 22(16): 6181 (IF = 3.847) https://doi.org/10.3390/s22166181</p> <p>5. Enhanced acetaminophen electrochemical sensing based on nitrogen-doped graphene Lidia Magerusan*, Florina Pogacean, Stela Pruneanu – INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES 2022, 23(23):14866 (IF = 6.208) https://doi.org/10.3390/ijms232314866</p> <p>6. Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay Lidia Măgerușan, Florina Pogăcean, Bogdan Ionut Cozar, Stela Pruneanu – SENSORS 2023, 23, 2160 (IF = 3.847) https://doi.org/10.3390/s23042160</p> <p>7. Antibacterial Enhancement of High-Efficiency Particulate Air Filters Modified with Graphene-Silver Hybrid Material Alexandra Ciorita, Maria Suciu, Maria Coros, Codruta Varodi, Florina Pogacean, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Raluca-Ioana Stefan-van Staden, Stela Pruneanu – MICROORGANISMS 2023, 11(3):745 (IF = 4.926) https://doi.org/10.3390/microorganisms11030745</p> <p>8. Highly Sensitive Graphene-Based Electrochemical Sensor for Nitrite Assay in Waters Florina Pogacean, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Stela Pruneanu - NANOMATERIALS 2023, 13(9): 1468 (IF =</p>
--	--	---

			<p>5.719) https://doi.org/10.3390/nano13091468</p> <p>9. Enhancement of dopamine electrochemical detection with manganese doped crystalline copper oxide Simona Guțoiu, Florina Pogacean, Lidia Magerusan, Maria Olimpia Miclaus, Oana Grad, Ioan-Ovidiu Pana, Stela Pruneanu – aflat in evaluare la COATINGS (IF = 3.236)</p> <p>10. Selective graphene-based electrochemical sensing platform for enhanced sulfamethoxazole assay Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu – aflat in evaluare la CHEMOSENSORS (IF = 4.229)</p>	
2.	LUCRARI PREZENTATE LA CONFERINTE NATIONALE/INTERNATIONALE	-	<p>1. Chitosan/carbon based nanocomposite with applicability in Sunset Yellow electrochemical detection; Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu - poster presentation (23rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August 2021, Burgas, Bulgaria)</p> <p>2. Green preparation and applicability of chitosan/carbon based nanomaterial in Sunset Yellow electrochemical detection; Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu - poster presentation (13th INTERNATIONAL CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, Romania)</p> <p>3. Enhancement of biomolecules detection with graphene modified electrodes; Stela Pruneanu, Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Alexandru Turza and Lidia Magerusan - poster presentation (23rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August 2021, Burgas, Bulgaria)</p> <p>4. Detection of 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine Biomarker with Modified Electrode with Graphene; Florina Pogacean, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Maria Coros, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - poster presentation (23rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August 2021, Burgas, Bulgaria)</p> <p>5. Electrochemical detection of His-Tagged CA19-9 Antigen with triple-doped graphene modified electrode Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Lucian Barbu-Tudoran, Stela Pruneanu - poster presentation (13th INTERNATIONAL</p>	18

		<p>CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, Romania)</p> <p>6. Electrochemical detection of 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine biomarker with new graphene modified carbon electrode; Codruta Varodi, Florina Pogacean, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Lucian-Barbu Tudoran, Stela Pruneanu - poster presentation (13th INTERNATIONAL CONFERENCE PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES - PIM 2021, 22-24 September 2021, Cluj-Napoca, Romania)</p> <p>7. Electrocatalytic properties of NGr-ZnO hybrid materials Florina Pogacean, Maria Stefan, Codruta Varodi, Maria Coros, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - e-poster presentation (THE 6th EDITION OF THE EUROPEAN GRAPHENE FORUM - EGF 2021, 20-22 Octombrie, Milano, Italia)</p> <p>8. Applications of Graphene Modified Electrodes Stela Pruneanu, Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, and Alexandra Ciorita – invited speaker (THE 6th EDITION OF THE EUROPEAN GRAPHENE FORUM - EGF 2021, 20-22 Octombrie, Milano, Italia)</p> <p>9. Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON NANOMATERIALS - RESEARCH & APPLICATION (NANOCON 2022), 19-21 Octombrie 2022, Brno, Cehia</p> <p>10. Highly Sensitive Chitosan/Carbon Based Electrochemical Sensor for Sunset Yellow Detection from Food Related Samples Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 12th INTERNATIONAL CONFERENCE NANOMATERIALS: APPLICATIONS & PROPERTIES (IEEE 2022), 11-16 Septembrie 2022, Cracovia, Polonia</p> <p>11. Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in caffeic acid electrochemical assay Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 24rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August, Burgas, Bulgaria</p> <p>12. Highly sensitive electrochemical sensor for gallic acid detection from food related</p>
--	--	--

		<p><i>samples</i></p> <p>Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation 24rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August, Burgas, Bulgaria</p> <p>13. Electrochemical detection of L-Tyrosine using Nitrogen-doped graphene modified glassy carbon electrode</p> <p>Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Stela Pruneanu - poster presentation 24rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 19-22 August, Burgas, Bulgaria</p> <p>14. Nitrogen, sulfur co-doped graphene as efficient electrode material for L-cysteine detection</p> <p>Florina Pogacean, Maria Coros, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - poster presentation 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE MATERIALS & NANOMATERIALS (M&Ns 2022), 25-27 Iulie, Roma, Italia</p> <p>15. Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay</p> <p>Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu - poster presentation 24rd INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES, 17-20 August 2023, Burgas, Bulgaria</p> <p>16. Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in gallic acid electrochemical assay from food related samples</p> <p>Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Simona Rada, Codruta Varodi, Stela Pruneanu - poster presentation 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES (PIM 2023), 19-21 Septembrie, Cluj-Napoca, Romania</p> <p>17. Enhanced Acetaminophen Electrochemical Sensing Based on Nitrogen-Doped Graphene</p> <p>Florina Pogacean, Lidia Magerusan, Codruta Varodi, Stela Pruneanu - poster presentation 14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES (PIM 2023), 19-21 Septembrie, Cluj-Napoca, Romania</p> <p>18. Highly Sensitive Graphene-Based Electrochemical Sensor for Nitrite Assay in Waters</p> <p>Stela Pruneanu, Florina Pogacean, Lidia</p>
--	--	---

			Magerusan, Codruta Varodi - poster presentation 14 th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSES IN ISOTOPES AND MOLECULES (PIM 2023), 19-21 Septembrie, Cluj-Napoca, Romania	
--	--	--	--	--

PREZENTARE SCURTA

In prezent există peste 10.000 de substanțe chimice – cunoscute sub denumirea generica de „aditivi alimentari” - permise și intens utilizate în industria alimentară, farmaceutica și cosmetica pentru a îmbunătăți aspectul, gustul, culoarea, textura, valoarea nutritivă și conservarea produselor finite. Consumul de coloranți alimentari artificiali a crescut cu 500% în ultimele 50 de ani. Sunset Yellow (SY – E110) este unul dintre cei mai importanți aditivi artificiali, folosit extensiv pentru a înlocui culorile alimentelor naturale în mii de produse, în special produsele pentru copii. Controversele legate de utilizarea acestui colorant azoic datează din anii 1920, atunci când consumul lui a fost asociat cu hiperactivitatea, hipersensibilitățile, problemele de învățare și efectele negative asupra răspunsurilor imune celulare la copii. În ultimii ani, dovezi din ce în ce mai numeroase indică faptul că ingestia repetată a acestui colorant poate provoca efecte severe asupra sănătății, inclusiv: toxicitate pe termen scurt, mediu și lung, răspunsuri alergice, afecțiuni respiratorii, alterarea parametrilor reproductivi și neurocomportamentali, reducerea greutateii timusului, modificarea numărului de monocite, migrene, eczeme, anxietate, precum și posibilele efecte cancerigene. În acest context general, îmbunătățirea siguranței și calității alimentelor este esențială pentru bunăstarea umană, iar utilizarea intensivă a SY în sectorul alimentar este corelată cu necesitatea dezvoltării unor instrumente analitice de încredere, precise, sensibile și selective pentru identificarea și cuantificarea acestuia, ceea ce a reprezentat și scopul primordial al proiectului PORTA-SYD. In acest sens, pe parcursul derularii proiectului s-a dezvoltat, fabricat, testat și validat la nivel de laborator o tehnologie inovativa de detectie electrochimica a colorantului alimentar SY. Prototipul platformei electrochimice dezvoltate ofera o solutie reala, complet integrata, de detectie selectiva, rapida si precisa, a aditivului SY. Acest sistem combina eficienta detectiei si operationalitatea intr-o forma de mici dimensiuni prin integrarea de suprafete senzoristice pe baza de grafene ceea ce a condus la o capacitate de detectie crescuta raportat la alte sisteme clasice de detectie. Sistemul integrat PORTA-SYD a fost astfel conceput pentru a realiza cuantificarea cu precizie a concentratiilor scazute de SY intr-un interval de timp scurt si in conditii mobile, la costuri reduse, cu aplicabilitate in industria alimentara si farmaceutica.

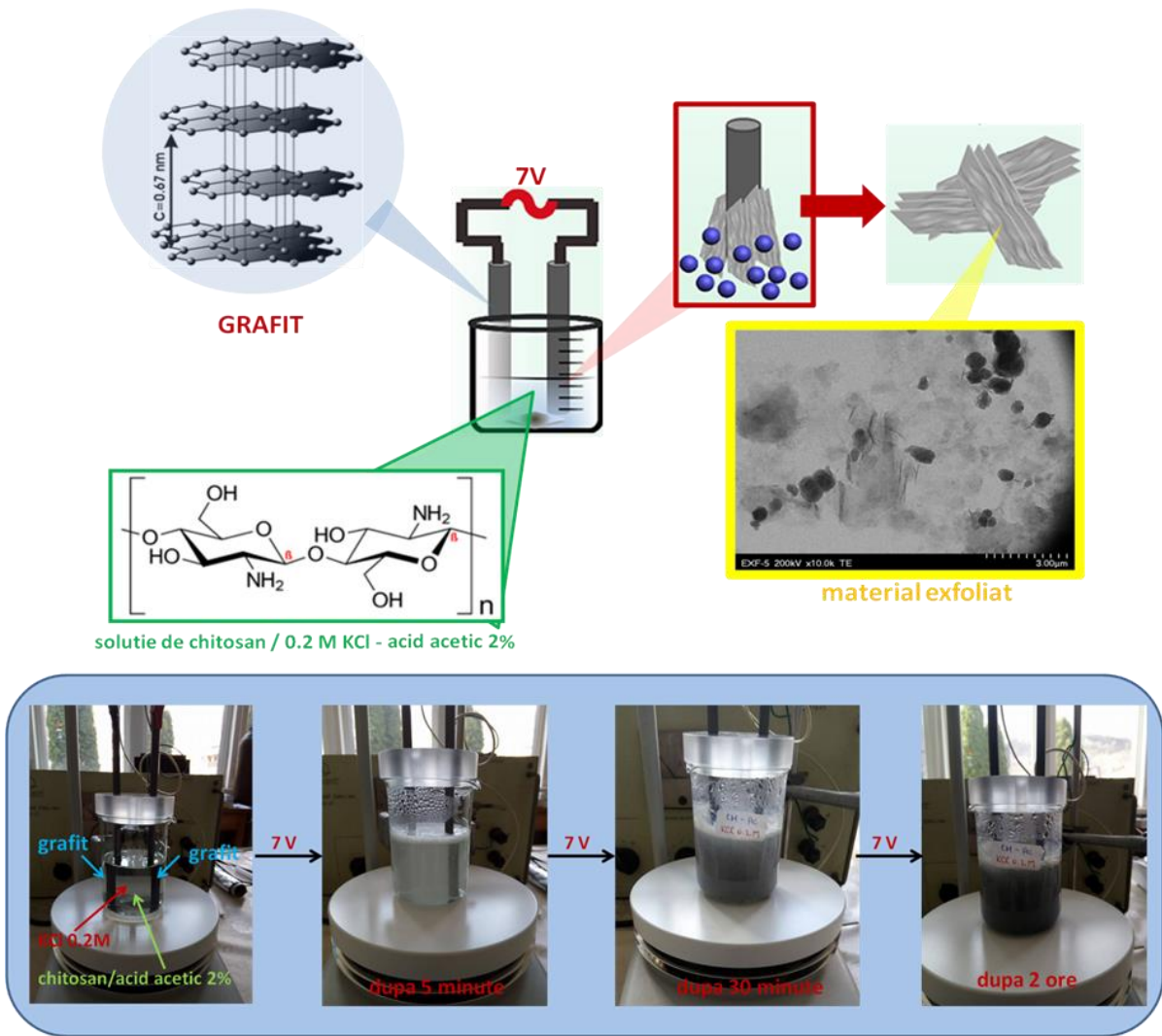


Figura 1. Reprezentare schematica a procesului de obținere a materialului nanocompozit pe baza de chitosan și grafene prin exfolierea electrochimică a grafitului

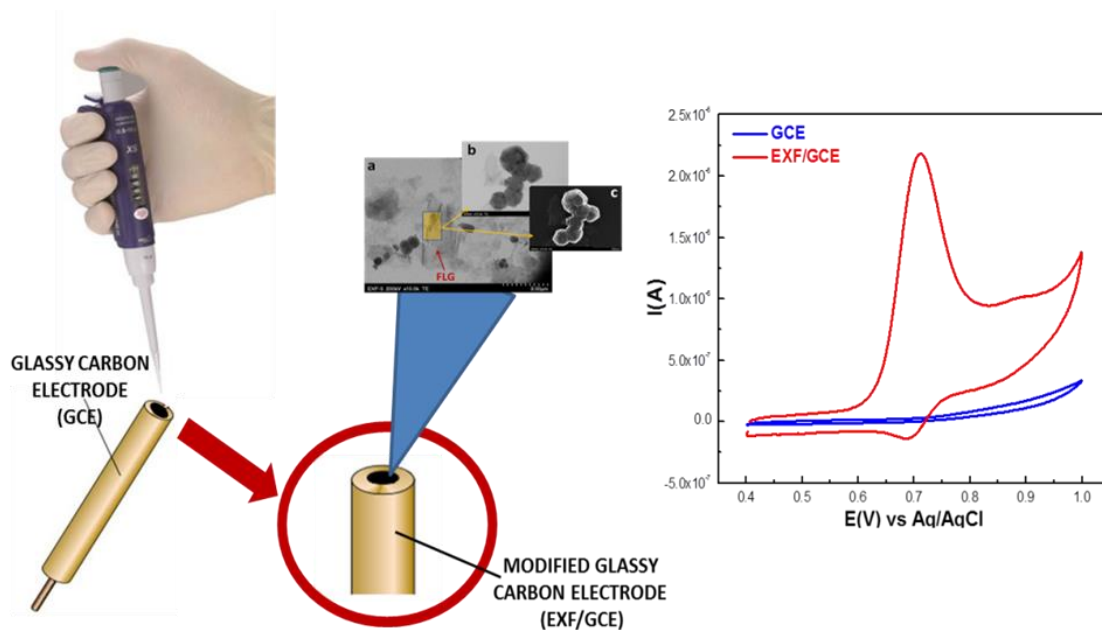


Figura 2. Procesul de modificare a suprafețelor în vederea obținerii de platforme senzorstice cu capacități de detecție îmbunătățite; Comparație între răspunsul electrochimic înregistrat folosind atât electrodul de cărbune vitroceramic nemodificat (GCE) cât și electrodul modificat (EXF/GCE) într-o soluție PBS pH 6 conținând $100\mu\text{M}$ SY

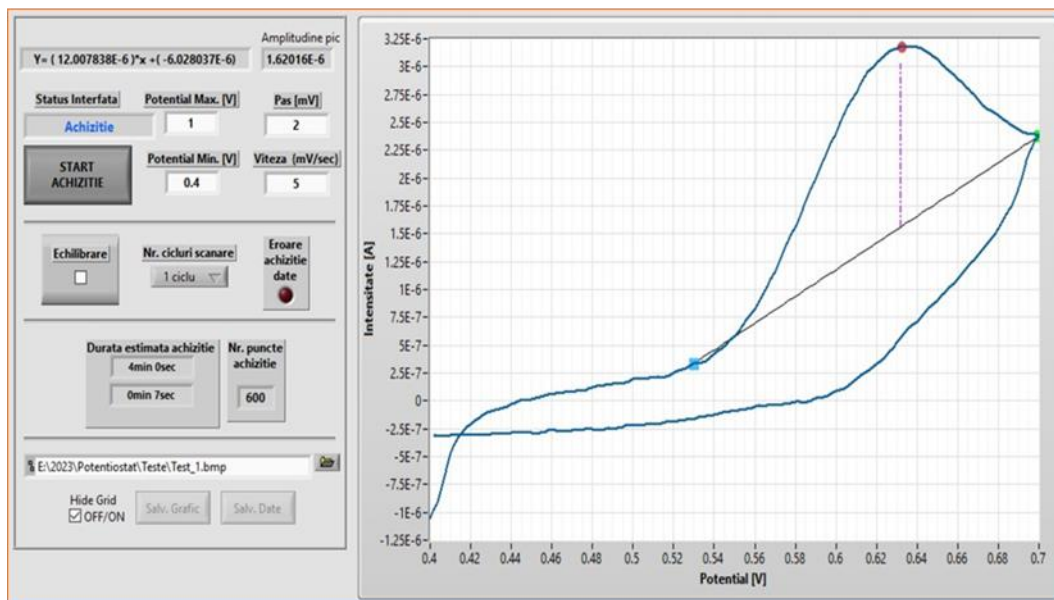
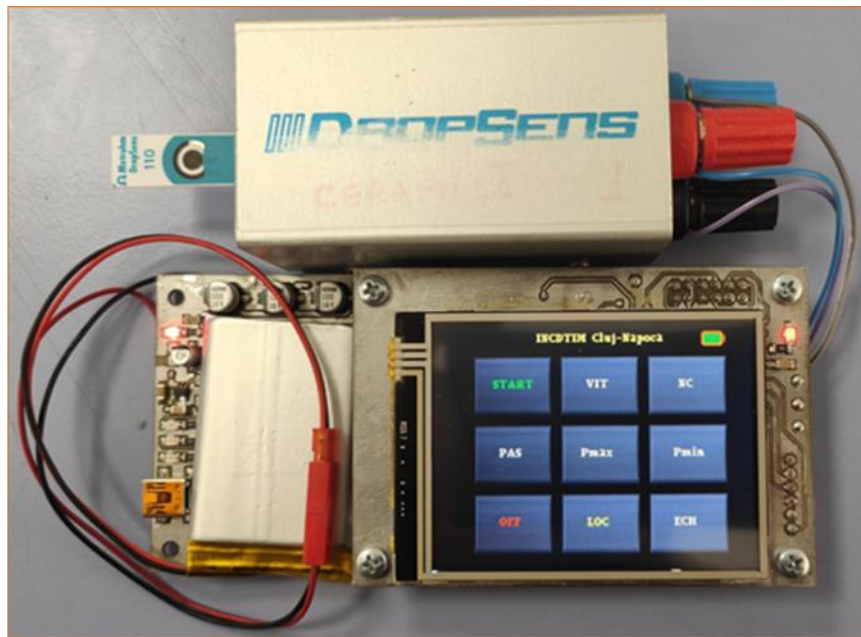


Figura 3. Prototip funcțional - Sistem integrat portabil pentru detecția rapidă și selectivă a Sunset Yellow 'PORTA-SYD'

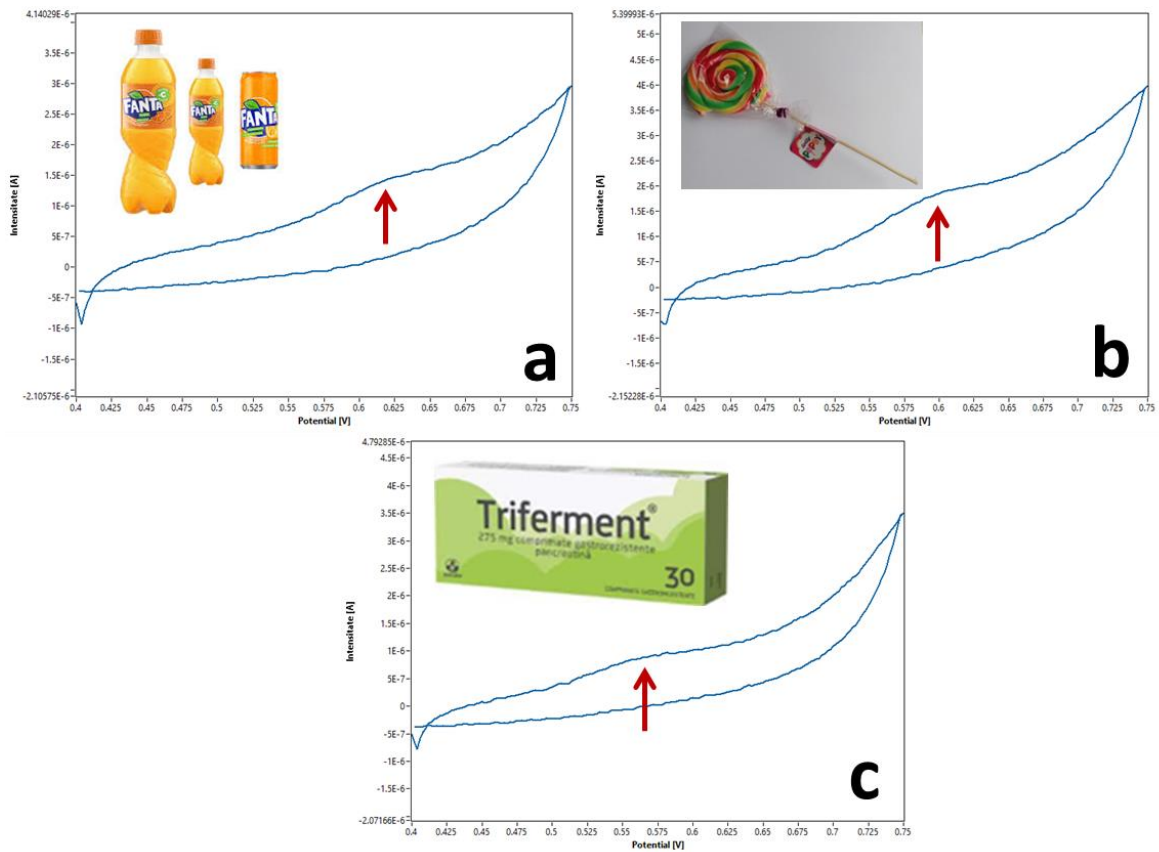


Figura 4. Detectia SY in diferite eșantioane de probe reale cu ajutorul prototipului PORTA-SYD

Director de proiect
Dr. Lidia Magerusan

Lidia Magerusan

Data: 25.05.2023