

## **REZUMAT RAPORT STIINTIFIC SINTETIC INTERMEDIAR**

*privind implementarea proiectului in perioada ianuarie-decembrie 2022*

### **ETAPA 2**

#### **WP3. Caracterizarea și testarea aplicabilității noilor electrozi modificați în detecția selectivă a Sunset Yellow**

***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*

***Activitate 2.2.** Caracterizarea comportamentului electrochimic asociat electrozilor serigrafiați având suprafața activă modificată cu noul material nanocompozit pe bază de chitosan și grafene*

#### **WP4. Testarea eficienței electrozilor modificați în probe reale**

***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 detecția selectivă și sensibilă a concentrațiilor scăzute de SY din diferite băuturi și produse alimentare disponibile comercial*

#### ***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***

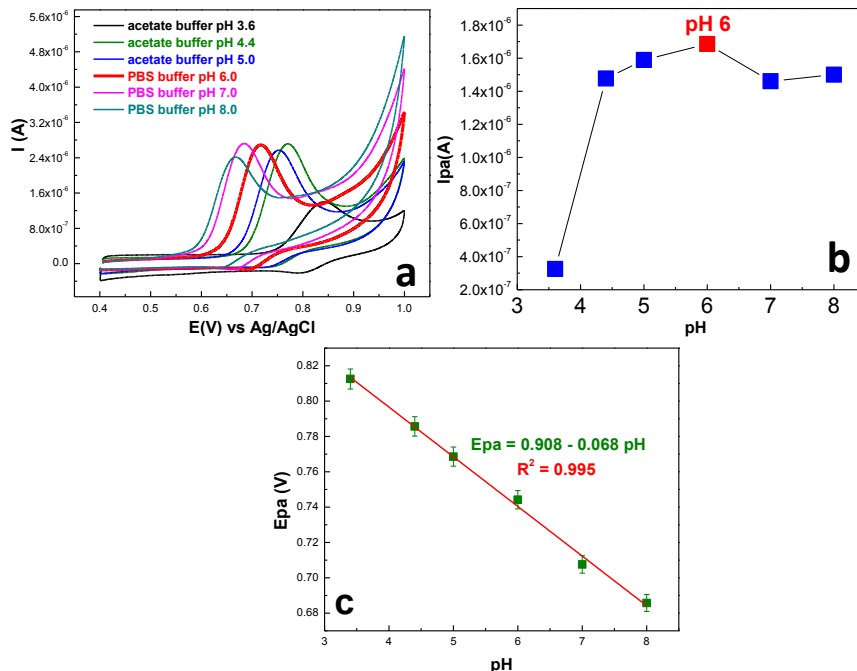
În cadrul acestei activități s-a testat comportamentul electrochimic asociat mai multor electrozi obținuți în cadrul primei etape de desfășurare a proiectului în ceea ce privește capacitatea de detecție și cuantificare a colorantului alimentar SY din diferite soluții de laborator. Pentru realizarea experimentelor electrochimice s-a utilizat un aparat AUTOLAB 302N POTENTIOSTAT/GALVANOSTAT (EcoChemie, Netherlands) conectat la o celulă electrochimică și controlat prin intermediul softului NOVA 1.11 (vezi Figura 1). Electrodele de lucru sunt electrode modificate, drept contra-electrod este utilizat un electrod de Pt cu o suprafață mai mare (aproximativ 2 cm<sup>2</sup>), electrodele de referință fiind electrode de Ag/AgCl. Metodele electrochimice sunt metode robuste și sensibile utilizate atât pentru analiza calitativă cât și cantitativă pentru o gamă largă de analiți cu concentrații diferite. Utilitatea metodelor electrochimice provine atât din sensibilitatea lor la cantități cât mai mici de analit cât și din simplitatea instrumentației necesare, dar și din faptul că pot fi întrebuințate pentru separarea speciilor ionice, nu doar pentru detecția lor. Voltametria ciclică (CV) a devenit o tehnică foarte populară pentru studiile electrochimice și s-a dovedit a fi foarte utilă în obținerea informațiilor cu privire la reacțiile complexe care au loc pe suprafața electrozilor de lucru modificați cu nanomateriale pe bază de grafene. CV este folosită pentru a studia comportamentul la interfață, a speciilor electroactive, oferind informații privind mecanismul de desfășurare a reacției electrochimice, identificarea speciilor prezente în soluție sau determinarea coeficienților de difuzie a speciilor electroactive.



**Figura 1.** Set-up experimental pentru măsurători voltametrice. Celula electrochimică cu elementele de baza (electrod de lucru, contra-electrod, electrod de referință) imersate în soluția de analit

*Influența electrolitului și a pH-ului soluției de lucru asupra detecției colorantului alimentar SY*

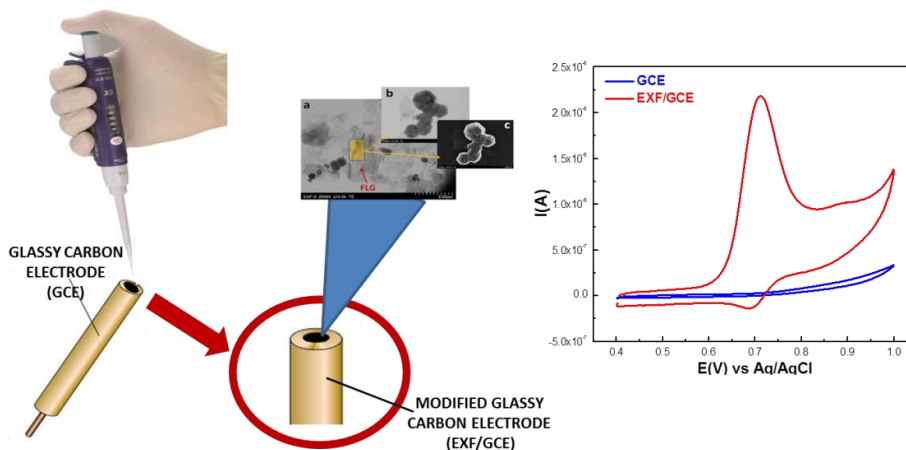
. Valoarea pH-ului electrolitului suport este un factor important care afectează comportamentul redox al analiților și are o influență puternică asupra formei și intensității curentului înregistrat. Voltamogramele ciclice înregistrate în diferite soluții tampon: acetat (pH 3.6; 4.4 și 5.0) și fosfat - PBS (pH 6.0, 7.0 și 8.0) sunt prezentate în Figura 2a. Se poate observa clar că forma voltamogramei ciclice, poziția maximului de oxidare și intensitatea curentului variază în funcție de pH-ul soluției. Odată cu creșterea valorii pH-ului are loc o deplasare a maximului anodic spre valori de potențial mai scăzute. Reprezentând grafic intensitatea maximului anodic în funcție de valoarea pH-ului soluției electrolit se poate observa ca răspunsul minim al electrodului modificat a fost obținut în soluția de pH 3.6. Odată cu creșterea pH-ului are loc și o creștere a curentului anodic până la un maxim obținut atunci când pH a fost egal cu 6, după care începe trendul de descreștere asociat maximului de oxidare odată cu creșterea valorii pH-ului de lucru (vezi Figura 2b). Totodată, deplasarea liniară spre potențiale negative a maximului de oxidare odată cu creșterea valorii pH-ului (Figura 2c) demonstrează și confirmă implicarea protonilor în procesul de electro-oxidare a SY la suprafața electrodului modificat cu nanocompozit EXF.



**Figura 2.** (a) Voltamograme ciclice înregistrate cu EXF/GCE în soluții tampon care conțin 100μM SY la diferite valori ale pH-ului (3.6; 4.4, 5.0, 6.0, 7.0 și 8.0). Viteza de scanare: 5 mV/s; (b) Variația intensității maximului de oxidare în funcție de pH-ul soluției de lucru; (c) Dependentă liniară a potențialului anodic față de valoarea pH-ului

Mecanismul de oxidare a colorantului alimentar Sunset Yellow la suprafața electrozilor modificați

Pentru a studia aplicabilitatea electrodului modificat EXF/GCE în detecția electrochimică a colorantului alimentar SY s-au înregistrat voltamograme ciclice folosind atât electrozi de cărbune vitroc ceramic nemodificați cât și electrozi de cărbune sticlos modificați cu EXF în soluție PBS pH 6 care conține 100μM SY (vezi Figura 4). În cazul folosirii electrodului nemodificat nu s-a înregistrat nici un semnal electrochimic în prezența colorantului alimentar (curba albastră din Figura 3). Totodată, răspunsul voltametric al suprafeței modificate cu noul material nanocompozit pe baza de chitosan și grafene (curba roșie din Figura 3) este foarte bine conturat sub forma unor maxime de oxidare și reducere foarte bine definite.

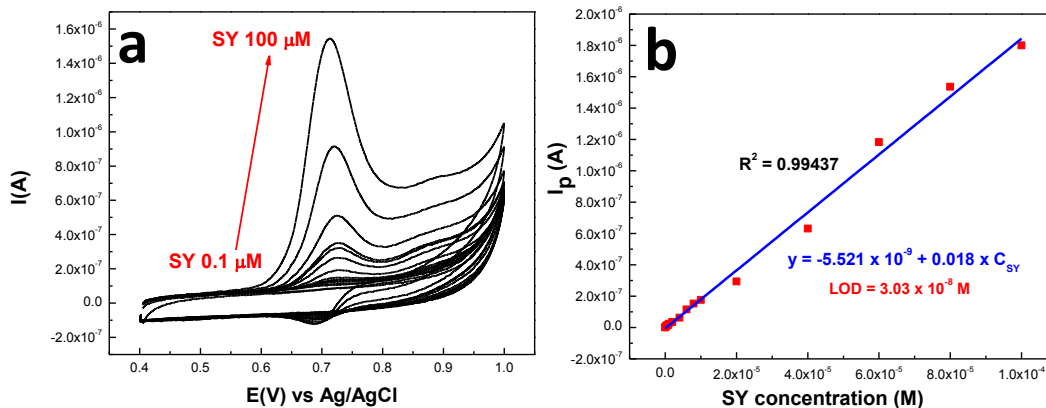


**Figura 3.** Comparație între răspunsul electrochimic înregistrat folosind atât electrodul de cărbune vitroceramic nemodificat (GCE) cât și electrodul modificat (EXF/GCE) într-o soluție PBS pH 6 conținând 100 $\mu$ M SY; viteza de scanare 5 mV/s

Intensitatea maximă de oxidare, situată la 0.72V este semnificativ mai mare decât intensitatea curentului de reducere corespondent a căruia prezență a fost înregistrată la 0.7V, sugerând un proces cvasi-reversibil de oxidare a SY la suprafața electrodului modificat. Diferența considerabilă între răspunsurile voltametrice asociate electrodului nemodificat respectiv modificat poate fi rezonabil atribuită nu numai creșterii suprafeței active ci și activității electro-catalitice excelente a nanomaterialului pe bază de chitosan și grafene. Se observă faptul că nanocompozitul favorizează atașarea SY pe suprafața electrodului de lucru. Mai exact, chitosanul facilitează interacțiunea prin crearea de punți de hidrogen, hidrofobe și interacțiuni electrostatice între grupările sulfonice ale colorantului și grupările amino protonate ale chitosanului. În plus, interacțiunile de tip  $\pi$ - $\pi$  stacking' dintre domeniile hibridizate  $sp^2$  ale foilor de grafenă și colorantul alimentar SY îmbunătățesc transferul de electroni de la interfața electrod/soluție de lucru în care este prezent analitul de interes.

Curbe de calibrare si determinarea limitelor de detectie si cuantificare

Pe baza experimentelor efectuate pe un set de zece electrozi de cărbune vitroceramic modificați cu materialul nanocompozit EXF, s-au determinat limitele de detecție (LOD) și cuantificare (LOQ). Limita de detecție a noului senzor electrochimic dezvoltat este de 0.03  $\mu$ M, în timp ce limita de cuantificare este de 0.1  $\mu$ M.



**Figura 4.** (a) Comportamentul electrochimic asociat electrozilor de cărbune vitroceramic modificați cu nanocompozit pe bază de chitosan și grafene pe un domeniu larg de concentrații de SY (0.1 - 100 $\mu$ M); (b) curba de calibrare corespunzătoare

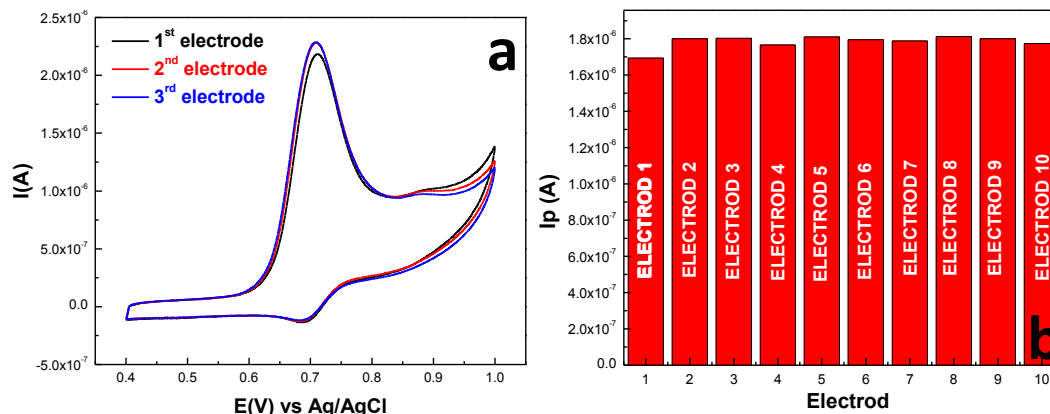
*Electrolit: soluție buffer PBS pH 6, viteza de scanare 5mV/s*

**Tabel 1.** Ecuațiile de regresie liniară, limitele de detecție și cuantificare obținute folosind mai mulți electrozi modificați în detecția SY

Electrod	$I_{pa}$ vs $C_{SY}$	LOQ	LOD
ELECTROD 1	$I_{pa} = -5.521 \times 10^{-9} + 0.018 \cdot C_{SY}$	0.01 $\mu$ M	0.03 $\mu$ M
ELECTROD 2	$I_{pa} = -5.599 \times 10^{-9} + 0.018 \cdot C_{SY}$	0.01 $\mu$ M	0.03 $\mu$ M
ELECTROD 3	$I_{pa} = -6.463 \times 10^{-9} + 0.018 \cdot C_{SY}$	0.01 $\mu$ M	0.03 $\mu$ M
ELECTROD 4	$I_{pa} = -5.137 \times 10^{-9} + 0.017 \cdot C_{SY}$	0.02 $\mu$ M	0.06 $\mu$ M
ELECTROD 5	$I_{pa} = -6.179 \times 10^{-9} + 0.017 \cdot C_{SY}$	0.02 $\mu$ M	0.06 $\mu$ M

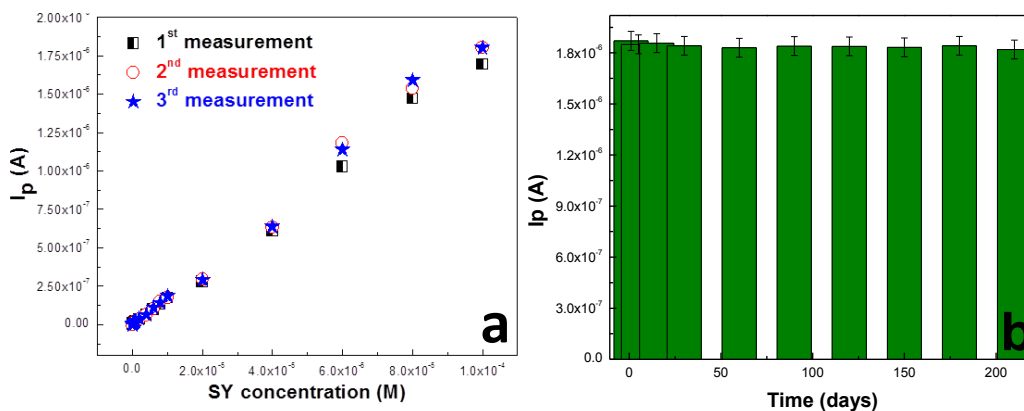
### Studii de reproductibilitate și stabilitate

Pentru a studia reproductibilitatea procesului de detecție electrochimică a colorantului alimentar SY s-au efectuat experimente replicate, în aceleași condiții, în momente de timp diferite folosind drept electrozi de lucru mai mulți electrozi vitroceramici modificați cu materialul nanocompozit pe bază de grafene și polimeri dezvoltat. Comparând intensitatea maximului de oxidare anodică, înregistrat într-o soluție buffer PBS pH 6 ce conține  $100\mu\text{M}$  SY, corespunzător pentru zece electrozi modificați diferiți (Figura 5b) se poate observa că nu există variații mai mari de 7.34%, ceea ce indică o bună reproductibilitate a procesului de modificare a electrozilor și o uniformitate în ceea ce privește aderența materialului nanocompozit pe suprafața vitroceramică a electrozilor de lucru.



**Figura 5.** (a) Voltamograme ciclice obținute prin utilizarea a trei electrozi modificați diferiți; (b) Comparație între intensitatea maximelor anodice obținute în cazul a zece electrozi modificați diferiți soluție de lucru: buffer fosfat PBS pH 6 conținând  $100\mu\text{M}$  SY; viteza de scanare  $5\text{mV/s}$ .

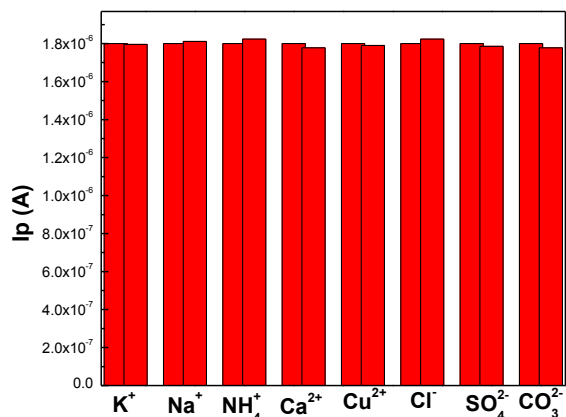
Variația maximului anodic pe o perioadă de timp de aproximativ 210 zile este de 3.78% (vezi Figura 6b), ceea ce indică faptul că senzorul își păstrează nealterate capacitățile de detecție, atâta timp cât este supus unui proces de desorbție a colorantului absorbit pe suprafața electrodului după fiecare experiment efectuat și este depozitat corespunzător în apă ultrapură între măsurători. De asemenea s-a observat faptul că electrodul modificat reține cel puțin 86.72% din răspunsul său inițial în timp ce este supus la 50 de scanări CV consecutive într-o soluție de lucru ce conține  $100\mu\text{M}$  din analitul de interes, confirmând astfel stabilitatea în timpul măsurătorii. În plus, pentru a evalua stabilitatea pe termen lung a electrozilor modificați, același electrod de lucru a fost stocat în apă ultrapură pe o perioadă lungă de timp (mai mult de 6 luni) și au fost evaluate acuratețea și stabilitatea acestuia, prin înregistrarea răspunsului voltametric la  $100\mu\text{M}$  SY, din când în când. Rezultatele indică faptul că electrodul modificat păstrează 91.33% din răspunsul său inițial pe o perioadă de timp care depășește 7 luni. Aceste descoperiri atestă excelența reproductibilitate și stabilitate a senzorilor electrochimici dezvoltați.



**Figura 6.** (a) Comparație între curbele de calibrare obținute folosind un electrod de cărbune vitroceramic modificat cu nanocompozit pe baza de chitosan și grafene la diferite intervale de timp (30, 60 respectiv 180 zile); (b) Variația în timp a maximului anodic pentru măsurători efectuate pe un interval de timp mai mare de 7 luni

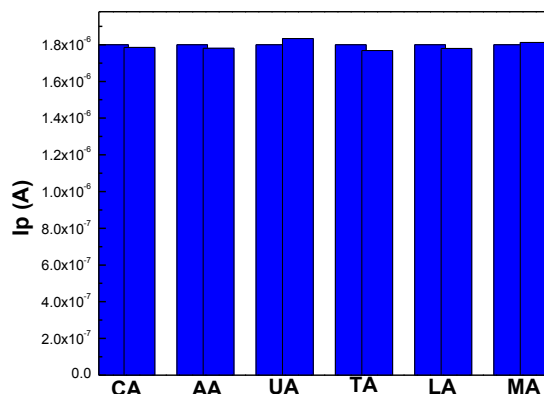
### Studii de interferență

Măsurătorile voltametrice au demonstrat faptul că semnalul electrochimic înregistrat într-o soluție PBS pH 6 în care concentrația SY a fost de  $100 \mu\text{M}$  nu este semnificativ afectat în prezența unor specii interferente de natură anorganică care pot fi întâlnite în mod uzual în produsele alimentare și băuturile disponibile comercial (ex.  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) – vezi Figura 7. Nivelul de interferență a fost stabilit la o concentrație de  $1 \mu\text{M}$ .



**Figura 7.** Modul în care este afectată detecția colorantului alimentar SY ( $100 \mu\text{M}$ ) pe suprafața electrodului modificat EXF/GCE în prezența unor specii de natură anorganică

S-a studiat comportamentul electrodului și în ceea ce privește detecția SY în prezența unor molecule de natură organică, care de asemenea fac parte uzual din matricele întâlnite în industria alimentară. Pentru a testa efectul interferenței organice am ales să lucrăm la aceeași concentrație ca și în studiile aferente interferențelor anorganici:  $1 \mu\text{M}$  (vezi Figura 9).



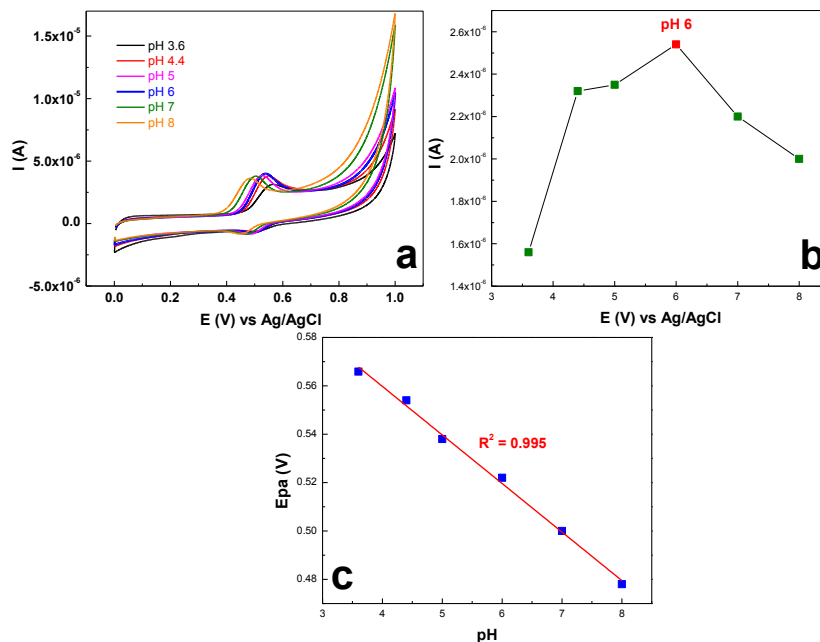
**Figura 9.** Modul în care este afectată detecția colorantului alimentar SY (100μM) pe suprafața electrodului modificat EXF/GCE în prezența unor specii de natură organică (acid citric - CA, acid ascorbic - AA, acid uric – UA, acid tartaric – TA, acid lactic –LA, acid malic – MA)

***Activitatea 2.2. Caracterizarea comportamentului electrochimic asociat electrozilor serigrafiați având suprafața activă modificată cu noul material nanocompozit pe bază de chitosan și grafene***

Pentru stabilirea comportamentului electrochimic asociat electrozilor serigrafiați modificați cu nanocompozitul pe baza de chitosan și grafene am folosit rezultatele experimentelor efectuate în cadrul Activității 2.1 și toate testările s-au efectuat în aceleași condiții de lucru ca și testarea electrozilor vitroceramici modificați.

***Influența pH-ului soluției de lucru și a vitezei de scanare asupra detecției colorantului alimentar SY***

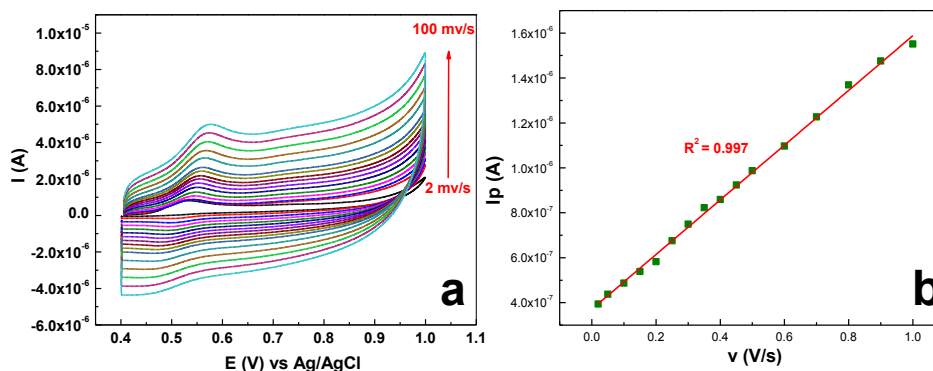
Similar cu rezultatele obținute în cazul electrozilor vitroceramici modificați, și de această dată se obțin voltamograme ciclice cvasi-reversibile și se observă deplasarea maximelor anodice spre potențiale mai scăzute odată cu variația pH-ului; valoarea maximă a curentului de oxidare fiind înregistrată tot la pH 6 (Figura 10b).



**Figura 10.** (a) Voltamograme ciclice înregistrate cu EXF/IE în soluții tampon care conțin 100μM SY la diferite valori ale pH-ului (3.6; 4.4, 5.0, 6.0, 7.0 și 8.0). Viteza de scanare: 5 mV/s;

- (b) Variația intensității maximului de oxidare în funcție de pH-ul soluției de lucru;  
 (c) Dependența liniară a potențialului anodic față de valoarea pH-ului

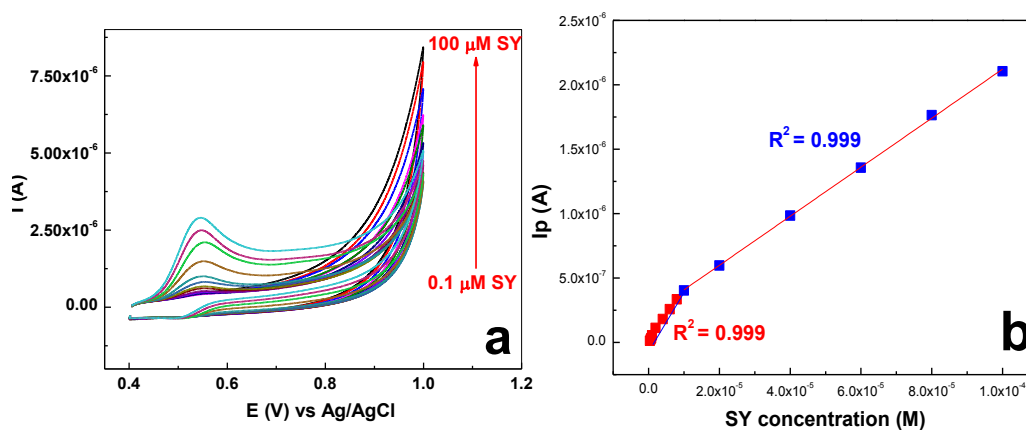
Prin studierea dependenței răspunsului electrochimic în funcție de viteza de scanare am urmărit să determinăm natura procesului electrochimic generat de prezența în soluția de lucru a colorantului alimentar SY (100 $\mu$ M) la suprafața electrodului EXF/IE (Figura 11). confirmând și de această dată faptul că electro-oxidarea SY pe suprafața electrodului interdigitat modificat este un proces controlat de suprafață care implică participarea unui număr egal de electroni și protoni.



**Figura 11.** (a) Voltamograme ciclice obținute la suprafața electrodului modificat EXF/IE prin baleierea vitezei de scanare în intervalul (2-100) mV/s, într-o soluție PBS pH 6 conținând 100 $\mu$ M SY;  
 (b) Dependența liniară a maximelor anodice înregistrate în funcție de viteza de scanare

Curbe de calibrare și determinarea limitelor de detecție și cuantificare

Pentru obținerea curbelor de calibrare și implicit determinarea limitelor de detecție și cuantificare asociate electrozilor interdigați modificați cu noul nanocompozit pe bază de chitosan și grafene s-a înregistrat comportamentul electrozilor pe un domeniu larg de concentrații de colorant alimentar (0.1-100  $\mu$ M SY (vezi Figura 12a).



**Figura 12.** (a) Comportamentul electrochimic asociat electrozilor interdigați modificați cu nanocompozit pe baza de chitosan și grafene pe un domeniu larg de concentrații de SY (0.1 - 100 $\mu$ M);  
 (b) curba de calibrare corespunzătoare. *Electrolit: soluție buffer PBS pH 6, viteza de scanare 5mV/s*

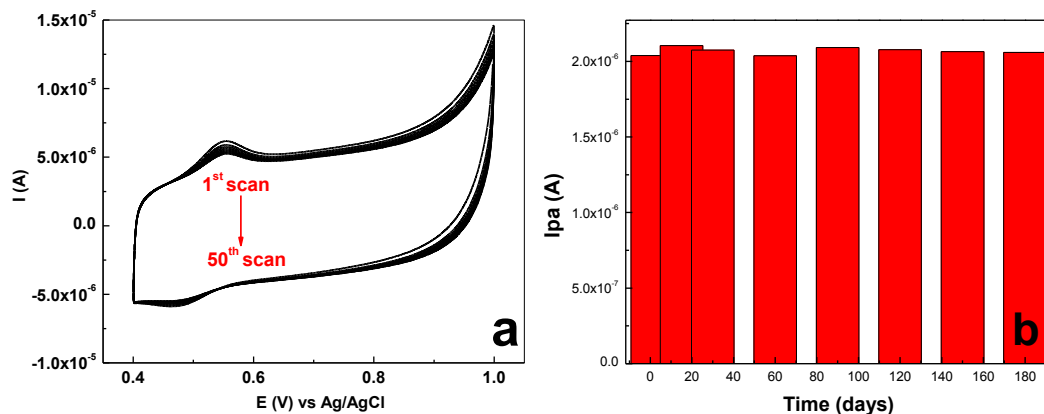
Se obțin voltamograme ciclice cvasi-reversibile, și se observă existența a două domenii de linearitate în curbele de calibrare asociate. Limita de cuantificare definită fiind cea mai mică concentrație de analit pentru care măsurătorile ar putea fi efectuate cu o acuratețe și precizie rezonabilă a fost determinată a fi 0.2  $\mu$ M, în timp ce limita de detecție (definită ca fiind cantitatea minimă de analit care poate fi detectată



în mod constant, dar nu măsurată cu precizie) a fost calculată a fi  $0.06 \mu\text{M}$ . Această valoare este ușor mai mare decât parametrii corespunzători electrozilor vitroceramici modificați cu material nanocompozit EXF.

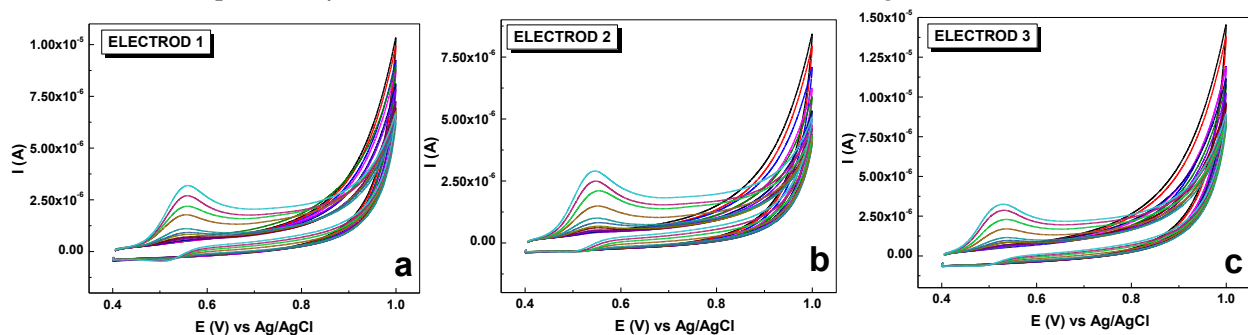
#### Studii de reproductibilitate și stabilitate

S-a observat faptul că electrodul EXF/IE își păstrează cel puțin 87.61% din răspunsul inițial la o rată de scanare de  $10 \text{ mV/s}$  (vezi Figura 13a), ceea ce confirmă o foarte bună stabilitate a electrozului de lucru în timpul procesului de măsurare. De asemenea s-a observat faptul că, atâta timp cât electrodul EXF/IE este păstrat în apă ultrapură și este supus unui proces de desorbție după fiecare măsurătoare efectuată, își păstrează aproape nealterate capacitățile de detecție a colorantului alimentar SY din soluții apoase. Scăderea de semnal înregistrată în cazul maximumului anodic corespunzător unei concentrații de  $100 \mu\text{M}$  SY nu depășește pragul de 2.83 %.



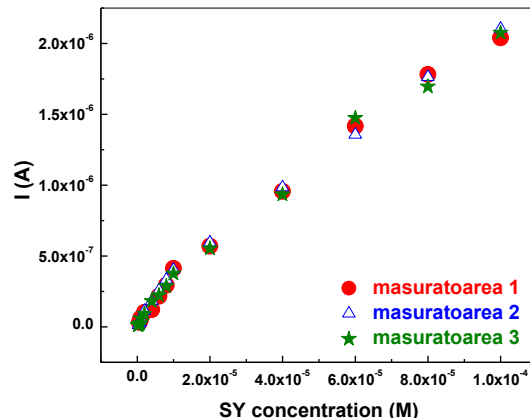
**Figura 13.** (a) 50 de voltamograme ciclice succesive înregistrate cu EXF/IE (b) Variația în timp a maximumului anodic corespunzător electrozului EXF/IE pentru măsurători efectuate pe un interval de timp mai mare de 7 luni. Soluție de lucru buffer PBS pH 6 conținând  $100 \mu\text{M}$  SY; viteza de scanare  $10 \text{ mV/s}$

Pentru a testa reproductibilitatea detecție colorantului alimentar SY s-au efectuat experimente replicate, în condiții identice, pe aceleași soluții de lucru, folosind electrozi diferiți. (Figura 14).



**Figura 14.** Rezultatul măsurătorilor de voltametrie ciclică obținute prin folosirea drept electrozi de lucru a trei electrozi serigrafiați diferiți (având suprafața activă modificată cu nanocompozitul pe bază de chitosan și grafene) pe un domeniu larg de concentrații de SY ( $0.1 - 100 \mu\text{M}$ )

Rezultatele indică o foarte bună reproductibilitate în ceea ce privește limitele de detecție și cuantificare, dar și a intervalelor de linearitate Figura 15.



**Figura 15.** Reproducibilitatea curbelor de calibrare obținute cu electrodul EXF/IE în momente diferite de timp

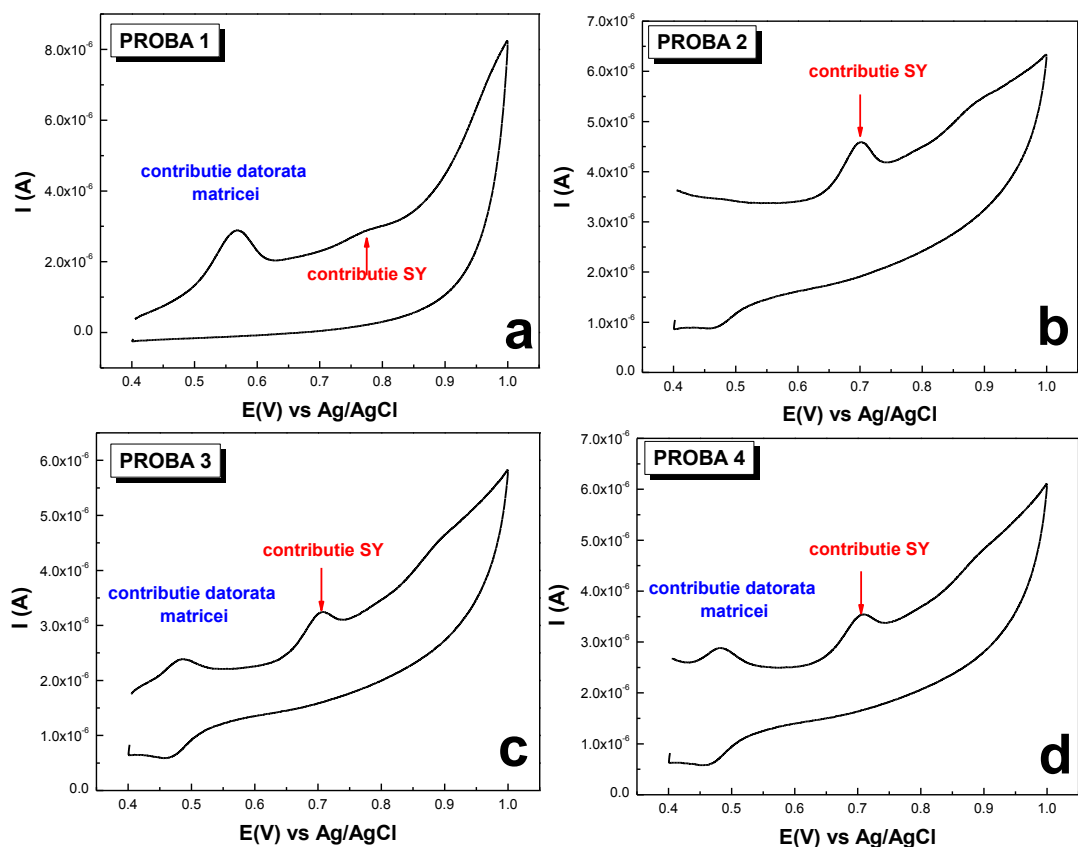
***Activitate 2.3. Determinarea răspunsului electrochimic caracteristic electrozilor modificați folosind probe reale***

Ținând cont de rezultatele obținute în cadrul activităților 2.1 respectiv 2.2, în cadrul acestei activități am ales să testăm capacitățile de aplicabilitate reală doar pentru electrozii vitroceramici modificați (EXF/GCE) în cazul cărora s-a obținut un domeniu de linearitate mult mai larg și a căror limită de detecție este ușor mai scăzută decât cea obținută în cazul electrozilor serigrafiați modificați (EXF/IE). Pentru a testa validitatea și a determina eficacitatea electrozului de cărbune vitroceramic modificat în detecția colorantului alimentar SY, s-au efectuat o serie de studii electrochimice pe eșantioane de probe reale, utilizând atât metoda adiției standard în apa de robinet cât și în diverse sortimente de apă îmbuteliată, dar și eșantioane din diferite băuturi nealcoolice disponibile comercial.

**Tabel 2.** Determinarea și recuperarea Sunset Yellow în apa de la robinet

Proba	concentrație SY adăugat ( $\mu\text{M}$ )	concentrație SY regăsit ( $\mu\text{M}$ )	procent de recuperare (%)
apa potabila	100	96	96.58
	60	58.2	97
	10	9.2	92.65

În ceea ce privește detecția colorantului alimentar SY din diferite produse alimentare disponibile comercial s-au testat două mărci de sucuri necarbo-gazoase cu aromă de portocale și lămâie (PROBA 1 respectiv PROBA 2 din Figura 16a și b) și două sortimente de dulciuri cu aromă de portocale: un jeleu gumat (PROBA 3 – Figura 16c) respectiv un drops, tot cu aromă de portocale (PROBA 4 – Figura 16d).



**Figura 16.** Testarea aplicabilității electrozilor de cărbune vitroceramic modificați EXF/GCE în diferite eșantioane de probe reale: băuturi necarbozeroase cu aroma de portocale (a,b), jeleuri gumate (c) și dropsuri (d)

**Tabel 3.** Concentrația de Sunset Yellow determinată cu senzorul electrochimic dezvoltat în diverse eșantioane de probe reale

PROBA	Potentialul maximului de oxidare anodic corespunzător SY (V)	Concentrație SY determinată - raportată la curba de calibrare ( $\mu\text{M}$ )
PROBA 1 (băutura necarbozeroasă cu aromă de portocale)	0.769	0.28
PROBA 2 (băutura necarbozeroasă cu aromă de lămâie)	0.701	4.64
PROBA 3 (jelu gumat cu aromă de portocale)	0.717	3.97
PROBA 4 (drops cu aromă de portocale)	0.707	3.53

**Activitate 2.4. Validarea electrozilor modificați nou proiectați ca instrumente de măsură pentru detecția selectivă și sensibilă a concentrațiilor scăzute de SY din diferite băuturi și produse alimentare disponibile comercial**

În cadrul acestei activități s-a început proiectarea și realizarea modelului experimental de dispozitiv electronic portabil pentru detecția Sunset Yellow. Sistemul de măsură cuprinde o interfață hardware conectată la PC folosind un port USB. Se rulează un program dedicat acestui instrument, acesta fiind conceput pe o platforma LabView. Aplicația permite setarea parametrilor de măsură, dezvoltarea

algoritmului pentru prelucrarea semnalului achiziționat, vizualizarea datelor achiziționate, precum și vizualizarea grafică a voltamogramei obținute. Interfața are structura unui potențiostat realizat într-o formă miniaturală pentru următoarele specificații: domeniul de variație al potențialului: programabil în domeniul  $-2.5V \dots +2.5V$  având increment minim de  $76.3\mu V$ ; un număr de max. 2000 de pași cu determinarea automată a valorii pasului, în funcție de viteza de scanare impusă; domeniul de măsură pentru curent între valorile  $\pm 250\mu A \div \pm 10nA$  cu increment min. de  $7.6nA$ ; offset-ul pentru intrarea convertorului de trans-impedanță max.  $250fA$ ; impedanța de intrarea a amplificatorului diferențial min.  $10G\Omega$ . Conceptul general al distribuției modulelor și schema bloc a interfeței sunt prezentate în Figura 17:

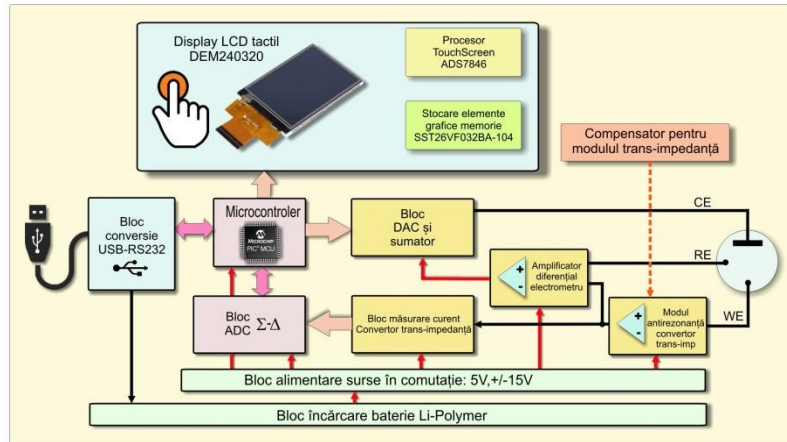


Figura 17. Schema bloc

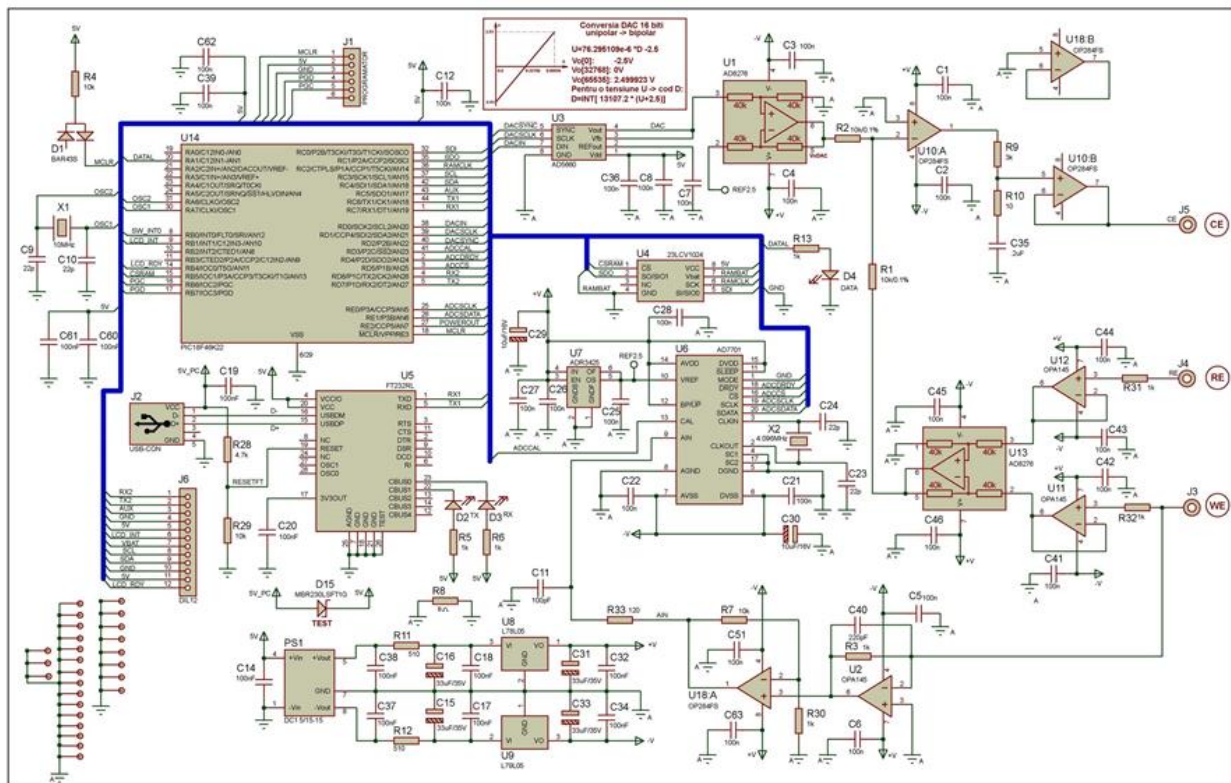


Figura 18. Schema electronică a circuitelor analogice respectiv digitale

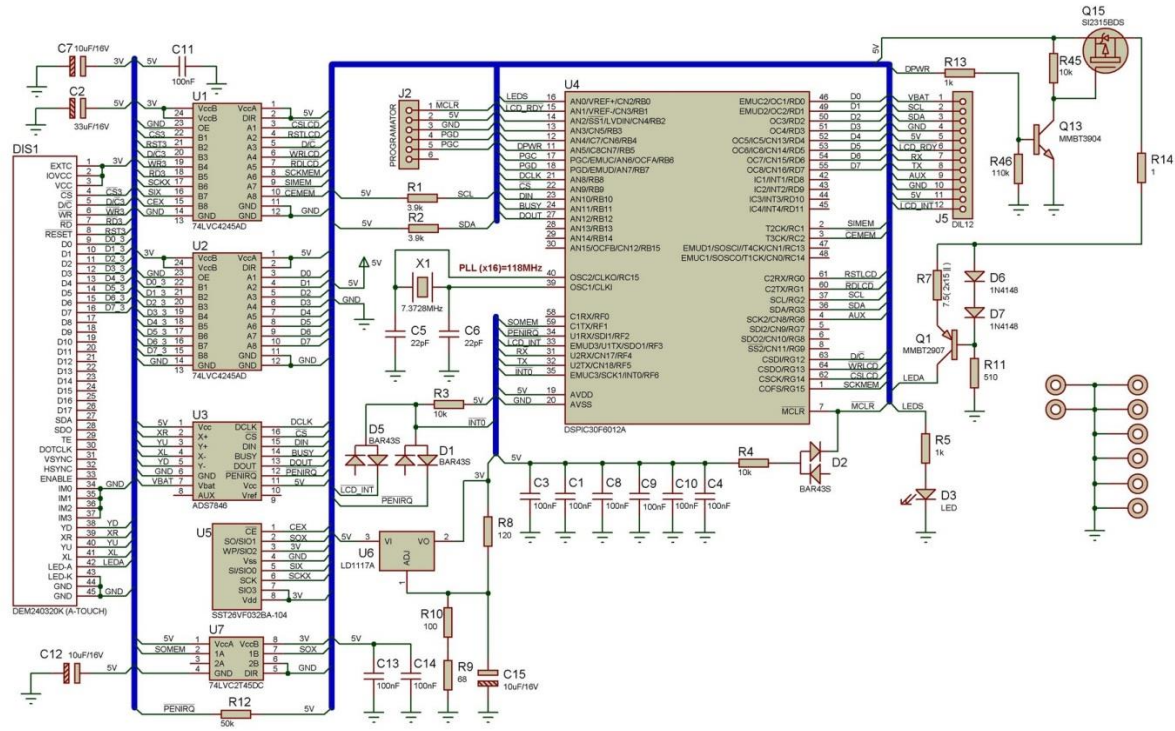


Figura 19. Schema electronică a controlerului pentru afișajul color DEM240320

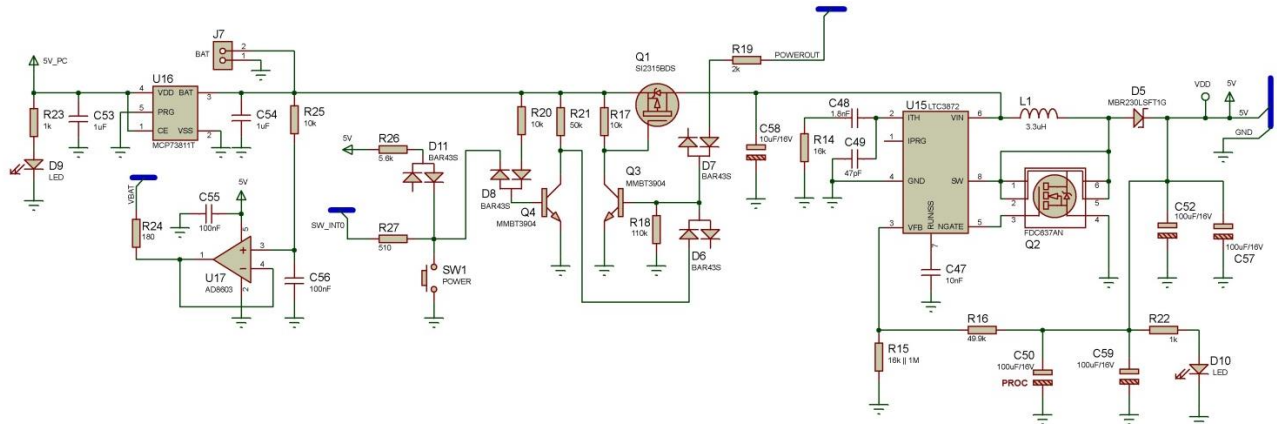


Figura 20. Schema electronică a sursei de alimentare

## CONCLUZII

În cea de-a doua etapă de implementare a proiectului PORTA-SYD, corespunzătoare perioadei ianuarie-decembrie 2022 s-au finalizat activitățile care vizau caracterizarea comportamentului electrochimic asociat electrozilor de cărbune vitroc ceramic/serigrafiați modificați cu noul material nanocompozit pe bază de chitosan și grafene (EXF) în detecția colorantului alimentar Sunset Yellow și totodată s-a testat aplicabilitatea noilor senzori dezvoltați în detecția și cuantificarea SY din diverse eșantioane de probe reale din industria alimentară. De asemenea s-a realizat proiectarea incipientă, conceptuală a unei platforme electrochimice, portabilă de detecție selectivă a concentrației colorantului

alimentar SY prin programarea analitică și digitală a algoritmilor complecși necesari pentru construirea acesteia. Toate obiectivele și activitățile propuse în cadrul ETAPEI 2 de implementare a proiectului au fost îndeplinite cu succes.

## **REZULTATE OBTINUTE**

### **Articole cotate ISI**

- *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>
- *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>
- *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>
- *Enhanced acetaminophen electrochemical sensing based on nitrogen-doped graphene*  
Lidia Magerusan, Florina Pogacean, Stela Pruneanu – accepted for publication in INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES (IF = 6.208)

### **Lucrari prezentate la Conferinte Nationale / Internationale**

- *Analytical applicability of graphene modified electrode in Sunset Yellow electrochemical assay*  
Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation  
**14<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON NANOMATERIALS - RESEARCH & APPLICATION (NANOCON 2022)**, 19-21 Octombrie 2022, Brno, Cehia
- *Highly Sensitive Chitosan/Carbon Based Electrochemical Sensor for Sunset Yellow Detection from Food Related Samples*  
Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation  
**12<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE NANOMATERIALS: APPLICATIONS & PROPERTIES (IEEE 2022)**, 11-16 Septembrie 2022, Cracovia, Polonia
- *Eco-friendly synthesis of sulphur-doped graphenes with applicability in caffeic acid electrochemical assay*  
Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation  
**24<sup>rd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES**, 19-22 August, Burgas, Bulgaria
- *Highly sensitive electrochemical sensor for gallic acid detection from food related samples*  
Lidia Magerusan, Stela Pruneanu, Florina Pogacean - poster presentation  
**24<sup>rd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES**, 19-22 August, Burgas, Bulgaria

- *Electrochemical detection of L-Tyrosine using Nitrogen-doped graphene modified glassy carbon electrode*  
Florina Pogacean, Codruta Varodi, Maria Coros, Valentin Mirel, Lidia Magerusan, Stela Pruneanu - poster presentation  
**24<sup>rd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE - MATERIALS, METHODS & TECHNOLOGIES**, 19-22 August, Burgas, Bulgaria
- *Nitrogen, sulfur co-doped graphene as efficient electrode material for L-cysteine detection*  
Florina Pogacean, Maria Coros, Codruta Varodi, Lidia Magerusan, Valentin Mirel, Stela Pruneanu - poster presentation  
**2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE MATERIALS & NANOMATERIALS (M&Ns 2022)**, 25-27 Iulie, Roma, Italia