



Dublin City University
Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath

**FORBAIRTÍ IN
IMDHIONBHRAITEOIRÍ
LEICTRICEIMICEACHA**

le

Caitlín Ní Ghrianáin B.Sc.

**Teastas curtha isteach chun Céim Dhochtúra
le Fealsúnacht a bhaint amach**

Maorseoirí

**An tOllamh Maolcholm R. MacGabhann
&
Dr. Antóin S. Ó Coilleárd**

Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath

Meán Fómhair 2003

RÁITEAS

Le seo tugaim deimhniú go bhfuil an t-ábhar seo, a thugaim chun scrúdú ar an gclár staidéir le haghaidh duais PhD a bhaint amach, m'obair féin ina hiomláine agus nach bhfuil sé tógtha ó obair daoine eile, ach amháin má tá an obair sin luaite agus cúitithe istigh sa théacs de mo chuid oibre.

Síniú: Caitlín Ní Ghriainín

Uimhir Aitheantais: 95042059

Dáta: 19/09/03

TO M'ATHAIR

BUÍOCHAS

I dtosach báire ba mhaith liom míle bhuíochas a ghabháil le mo mhaoirseoirí Maolcholm MacGabhann agus Antóin Ó Choilleárd, as ucht an tacaíocht an misneach agus an muinín a bhí acu asam i gcónaí. Gabhaim mo bhuíochas leo as ucht gach deis a thug siad dom mo ghnó fhéin a dhéanamh – maidir leis an tráchtas seo ach go háirithe – agus as ucht na deiseanna a thug siad dom le linn na ceithre bliana iontacha seo thart. Fáinní óra oraibh!

Gabhaim buíochas leis na baill eile den Ghrúpa Braiteoirí agus Deighiltí agus leis na hiarchéimithe analaiticiúla agus ceimiceacha uilig – go mór-mhór le na daoine a bhí ag obair ar an gcéad úrlár – as ucht na comdháileanna thar bhar! Ba mhaith liom buíochas a ghabháil le lucht fóirne, lucht na hoifige agus an lucht teicniúla as ucht an sár-obair a rinne siad dom, go mór mhór Julie, Veronica agus Ann. Freisin, gabhaim buíochas le gach ball de Roinn na hEolaíochta agus Sláinte a chabhraigh liom le mo chuid oibre agus atá luaite istigh anseo.

Is iomaí duine a rinne mé teagmháil leo le linn mo chuid oibre ach ba mhaith liom tagairt faoi leith a thabhairt do Ruairí Mac an Aoire agus Leon Ó Catháin-Mac Uidhir as ucht an craic a bhí agam fad is a bhí siad ag obair in aice liom. Gabhaim buíochas le Ruairí as as ucht an cabhair a thug sé dom le mo chuid oibre. Gabhaim míle buíochas le Jim Rusling agus Pene Williams as ucht a gcineáltas, a bhflaithiúlacht agus a gcairdeas – gan trácht ar na laethanta saoire nó ar an ceol thar bharr!

Do mo cháirde a chabhraigh liom mo scíth a ligint, go háirithe Ruth, Jacinta, Liam, Michelle, Carmel, Nicola, Tracey, Andrea agus Seánie as ucht na hoicheanta a chaith mé sa ‘Rag’ i Ros Mhic Treoin. Gabhaim buíochas le mo dheartháireacha as ucht an tacaíocht a thug siad dom, go háirithe Mark, mo chomrádaí seomra. Buíochas ó chroí do Chiarán a bhí ann dom i gconaí, in ainneoinn na faid.

Faoi dheireadh, gabhaim buíochas le mo thuismitheoirí, as ucht as a dtacaíocht, a ngrá, a bhfoighne agus a seasmhacht agus as ucht na deiseanna iontacha a thug siad dom le linn mo shaol. Scríobh mé an (na) tráchtas seo dóibh.

Achoimre

Ba é cuspóir na hoibre seo, ná chun imdhíonbhraiteoir nua a fhorbairt chun anailís timpeallachta a dhéanamh ar an lotnaidicíd atraisín. Tugtar cur síos ar conas olltáirgeadh a dhéanamh ar bhraiteoir mar seo, cé gurbh é príomhchuspóir na hoibre seo ná chun baisceanna de leictreoidí shochaite a tháirgeadh. Chomh maith le sin, tríd an próiseas braiteora a shimpliú go bpróiseas braiteora aon-chéimeach, ní bheadh an méid sin cur isteach ag teastáil ón úsáideoir agus ní bheadh an méid nó an castachas chéanna, a bhain leis na céimeanna measúnachta, ag teastáil ach an oiread.

Dearcaíodh leictreoidí scáthlán-priontáilte agus forbraíodh próiseas cumadóireachta chun iad a tháirgeadh agus a hoptamú. Trí fiosruithe leictriceimiceacha, optúla agus miocrascópacha a dhéanamh ar raon de pharaiméadair éagsúla, ar nós slaodacht na ndúigh, teocht agus ama na saille, tigfear optamúchán a bhaint amach ar an bpróiseas cumadóireachta. Taispeánfar an tionchar a bhí ag céim réamh-chóireáile ar na hairí leictranailiseacha agus struchtúracha de na leictreoidí chomh maith. Faoi dheireadh, déanfar cur síos ar chomparáid a rinneadh idir oibriú na leictreoidí seo agus oibriú leictreoid charbóin ghloiní.

Rinneadh cur síos ar an optamú agus ar an gcarachtaracht a rinneadh ar scannáin polanailíne a dheascadh go leictriceimiceach agus go ceimiceach ar raon de dhromchlaí leictreoidé éagsúla. Tá cur síos ar an tionchar a bhí ag tiús na scannáin, maidir le scannáin a ullmhaíodh go leictriceimiceach, curtha san áireamh san obair seo chomh maith. Deascadh scannáin polanailíne a ullmhaíodh go ceimiceach ar raon de fhoshraitheanna agus taispeánadh go raibh siad oiriúnach don chóras braiteora áirithe seo. Athraíodh roinnt paraiméadair den phróiseas deasctha chun iarracht a thabhairt ar smacht níos fearr a fháil ar thiús na scannáin a dheascadh go ceimiceach; roimhe seo, ba é seo an t-aon míbhuntáiste amháin a bhain le scannáin mar seo.

Tá cur síos déanta ar an gcarachtaracht a rinneadh ar scannáin bunaithe ar einsímí agus ar antashubstaintí a dheascadh ar leictreoidí clúdaithe le polanailín freisin. Forbraíodh braiteoirí bunaithe ar antashubstaintí chun anailís a dhéanamh leo ar bhitin agus ar atraisín le hantashubstaintí iomlán agus bloghanna athchuingreacha d'antashubstaintí. Tá cur síos déanta ar iarrachtaí a rinneadh chun an méid de chéimeanna measúnachta agus fadhbanna maidir le hinathraitheachtaí idir-leictreoidé agus athghiniúint dhromchlach a shárú, trí theicníochtaí chalabraithe nua a dhéanamh

CLÁR ÁBHAIR

	LEATHANACH
LEATHANACH TEIDIL	I
DEARBHÚ	II
TOIRBHEART	III
BUÍOCHAS	IV
CLÁR ÁBHAIR	V
GIORRUITHE	XII

CAIBIDIL A hAON	1
-----------------	---

Imdhíonbhraiteoirí Leictriceimiceacha do hAnailís

Timpeallachta: Léirmheas Litríochta

1.1	RÉAMHRÁ	2
1.2	AN t-IMOIBRIÚ IMDHÍONACH	3
1.2.1	<i>Struchtúr agus feidhm na hantashubstainte</i>	3
1.2.2	<i>Táirgeadh antashubstaintí agus a mbloghanna</i>	5
1.2.2.1	Antashubstaintí pholaclónacha	5
1.2.2.2	Antashubstaintí mhonaclónacha	6
1.2.2.3	Antashubstaintí athchuingreacha	6
1.2.3	<i>Na prionsabail a bhaineann le himdhíonmheasúnachtaí</i>	10
1.2.3.1	Imdhíonmheasúnachtaí ilchineálacha iomaíocha	11
1.2.3.2	Imdhíonmheasúnachtaí ilchineálacha neamhiomaíocha	12
1.2.3.3	Imdhíonmheasúnachtaí aonchineálacha iomaíocha	12
1.2.4	<i>Cinéitici idirghníomhithe idir antashubstaintí agus antaigini</i>	13
1.2.5	<i>Teicnící chun antashubstaintí a dho-ghluaiseacht</i>	15
1.2.5.1	Asúchán fisiceach	16
1.2.5.2	Idirghníomhaithe chomhfhiúsacha	16
1.2.5.3	Oibreáin thrasnascacha	17
1.2.5.4	Idirghníomhaithe bhithmhóilíneacha	17
1.2.5.5	Gaisteacht	18
1.2.5.6	Einceapsúlacht	19

1.2.5.7	Modhanna do-ghluaiseacha nua	19
1.3	BRAITEOIRÍ LEICTRICEIMICEACHA	20
1.3.1	<i>Na prionsabail leictriceimiceacha</i>	23
1.3.1.1	Voltmhéadracht	23
1.3.1.2	Aimpéarmhéadracht	26
1.3.1.3	Poitéinsiméadracht	27
1.3.1.4	Seoltmhéadracht	28
1.3.2	<i>Forbairtí ar leictreoidí oibrithe voltmhéadracha</i>	29
1.3.2.1	Leictreoidí charbóin ghloineacha	30
1.3.2.2	Leictreoidí ghraifite phiriúlacha	31
1.3.2.3	Leictreoidí thaois charbóine	31
1.3.2.4	Leictreoidí scáthlán-phriontáilte	32
1.3.2.5	Ábhair charbóin nua	34
1.4	IMDHÍONBHRAITEOIRÍ LEICTRICEIMICEACHA	35
1.4.1	<i>Imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha d'anailís timpeallachta</i>	35
1.5	ACHOIMRE	38
1.6	EIRÍM AN THRÁCHTAIS	41
	CAIBIDIL A DÓ	43
	<i>Ábhair agus Modhanna</i>	
2.1	ÁBHAIR	44
2.1.1	<i>Maoláin agus tuaslagáin</i>	45
2.2	IONSTRAIMIÚ	45
2.2.1	<i>Cealla leictriceimiceacha</i>	47
2.2.2	<i>Leagan amach do hanailís shreabh-instealladh</i>	49
2.2.3	<i>Ciorcad do phoitéinseal seasmhach</i>	50
2.3	MODHANNA	51
2.3.1	<i>Sintéis den chomhchuingeach atraisíne-SRF</i>	51
2.3.1.1	Sintéis den dhíorthach atraisíne	51
2.3.1.2	Comhchuingeadh den dhíortacht atraisíne le SRF	52
2.3.2	<i>Táirgeadh bloghanna d'antashubstaintí aon-slabhracha</i>	52
2.3.3	<i>Táirgeadh leictreoidí scáthlán-priontáilte</i>	53
2.3.4	<i>Nósanna réamhchóireála do leictreoidí</i>	55

2.3.5	<i>Polaiméiriúchán d'anailín</i>	55
2.3.5.1	Polaiméiriúchán leictreiceimiceach	55
2.3.5.2	Polaiméiriúchán ceimiceach	55
2.3.5.2.1	<i>Clúdach le braon</i>	56
2.3.5.2.2	<i>Tumadh</i>	56
2.3.6	<i>Do-ghluaiseacht próitéiní</i>	56
2.3.6.1	Do-ghluaiseacht leictreastatach	56
2.3.6.2	Asúcháin	57
2.3.6.3	Trasnascadh le glutaraildéad	57
2.3.6.3.1	<i>Trasnascadh bunaithe ar thuaslagán</i>	57
2.3.6.3.2	<i>Trasnascadh bunaithe ar ghal</i>	58
2.3.7	<i>Córas méadú airgid</i>	58
2.3.8	<i>Voltmhéadracht</i>	58
2.3.9	<i>Nósanna leictreanailiseacha</i>	59
2.3.10	<i>Measúnachtaí einsíme</i>	59
2.3.10.1	Nós comparáide idir leictreoidí	59
2.3.10.2	Toilleadh nasctha próitéin de dhromchla na leictreoidí	59
2.3.10.3	Tionchar an neart éine ar dhópáil	60
2.3.10.4	Scrúdaithe chun foinse na meata sreatha a fhiosrú	60
2.3.11	<i>Nósanna imdhionmheasúnacha</i>	60
2.3.11.1	Anailís le haon leictreoid amháin	60
2.3.11.1.1	<i>Monatóireacht fíor-ama ar bhitin-SRF i gcóras baisce</i>	60
2.3.11.1.2	<i>Monatóireacht fíor-ama ar hatraisín i gcóras sreatha</i>	61
2.3.11.2	Anailís fíor-ama il-chalbraithe	61
2.3.11.2.1	<i>Cuair caighdeánacha le haon leictreoid amháin</i>	61
2.3.11.2.2	<i>Measúnachtaí il-iomaíocha le haon leictreoid amháin</i>	61
2.3.12	<i>Tomhais shlaodacha</i>	62
2.3.13	<i>Anailís mhichrothreimeach</i>	62
2.3.14	<i>Anailís speictreascópach le fotaileictreoin X-ghathacha</i>	62
2.3.15	<i>Tomhais ar uilinn theagmhála uiscí</i>	63
2.3.16	<i>Próifilméadracht stíleasach</i>	63
2.3.17	<i>Íomhán de bhraiteoirí SRF le micreascópacht leictreiceimiceach scanacháin</i>	64
2.3.18	<i>Tomhais fhriotaíocha</i>	65

***Táirgeadh agus Carachtaracht ar Leictreoid Thaos
Charbóin Scáthlán-Priontáilte***

3.1	RÉAMHRÁ	67
3.2	TORTHAÍ AGUS PLÉ	69
3.2.1	<i>Tionchar slaodacht na ndúigh ar leictreoidí</i>	69
3.2.2	<i>Tionchar an teocht leasaithe ar leictreoidí</i>	73
3.2.2.1	Tomhais fhriotaíocha	74
3.2.2.2	Anailís mhicreascópach thóireadóire scanacháine	75
3.2.2.2.1	<i>Anailís leictreonmhicreascópach scanacháine</i>	75
3.2.2.2.2	<i>Anailís mhicreascópach fhórsa adamach</i>	76
3.2.2.3	Tomhais ar na huillinneacha theagmhála	79
3.2.2.4	Anailís leictriceimiceach	82
3.2.2.4.1	<i>Oibriú aimpéarmhéadrach na leictreoidí leasaithe</i>	82
3.2.2.4.2	<i>Oibriú voltmhéadrach na leictreoidí leasaithe</i>	83
3.2.2.5	Anailís X-ghathach spréite fhuinnimh	84
3.2.3	<i>Tionchar na hama leasaithe ar leictreoidí</i>	86
3.2.4	<i>Tionchar córas réamhchóireála ar leictreoidí</i>	88
3.2.4.1	Anailís leictreonmhicreascópach scanacháine	92
3.2.4.2	Tomhais ar na huillinneacha theagmhála	95
3.2.4.3	Anailís leictriceimiceach	96
3.2.4.3.1	<i>Oibriú aimpéarmhéadrach na leictreoidí réamhchóireáilte</i>	96
3.2.4.3.2	<i>Oibriú voltmhéadrach na leictreoidí réamhchóireáilte</i>	98
3.2.4.3.3	<i>Tomhais ar na poitéinsil ciorcaid oscailte</i>	99
3.2.4.3.4	<i>Tomhais fhriotaíocha</i>	101
3.2.4.4	Anailís X-ghathach spréite fhuinnimh	101
3.2.5	<i>Leictreoidí scáthlán-priontáilte i gcoinne leictreoidí charbóin ghloineacha</i>	104
3.2.5.1	Tionchar réamhchóireála ar leictreoidí charbóin ghloineacha	105
3.2.5.2	Anailís micreascópach fhórsa adamach	106
3.2.5.3	Anailís leictriceimiceach	109
3.2.5.3.1	<i>Cinnte ar na fuinneoga phoitéinsil</i>	109
3.2.5.3.2	<i>Cinnte ar na toillis chisil dhúbailte</i>	110

3.2.5.3.3	<i>Cinnté ar na tairisigh rátaí ilchineálacha</i>	111
3.3	TÁTAIL	114
CAIBIDIL A CEATHAR		115
	<i>Carachtaracht ar Scannáin Pholanailíne a</i>	
	<i>Ullmhalodh trí Mhodhanna Leictriceimiceacha</i>	
	<i>agus Ceimiceacha</i>	
4.1	RÉAMHRÁ	116
4.2	TORTHAÍ AGUS PLÉ	121
4.2.1	<i>Polaiméiriúcháin leictriceimiceach de hanailín</i>	121
4.2.1.1	Tréithí struchtúracha de scannáin pholaiméireacha	124
4.2.1.1.1	<i>Anailís leictreonmhicreascópach scanacháine</i>	124
4.2.1.1.2	<i>Anailís mhicreascópach fhórsa adamach</i>	125
4.2.1.1.3	<i>Anailís speictreascópach fhótaileictreoin X-ghathach</i>	128
4.2.1.2	Tionchar tiús an pholaiméire ar airí bhraiteoracha	131
4.2.1.2.1	<i>Amanna freagartha an bhraiteora</i>	132
4.2.1.2.2	<i>Sruthanna cúlracha an bhraiteora</i>	133
4.2.1.2.3	<i>Sruthanna lucht an bhraiteora</i>	134
4.2.1.2.4	<i>Sruthanna catalaíocha an bhraiteora</i>	135
4.2.1.2.5	<i>Friotaíochtaí bhraiteoracha</i>	137
4.2.1.2.6	<i>Deilbheolaíochtaí scannáin pholaiméirithe</i>	138
4.2.1.3	Tionchar na foshraithe leictreoidé ar na scannáin pholaiméirithe	141
4.2.1.4	Tionchar an tuaslagán réamhchóireála ar pholaiméiriúcháin	144
4.2.1.5	Cobhsaíocht scannáin PANI/PVS	145
4.2.2	<i>Polaiméiriúchán ceimiceach de hanailín</i>	147
4.2.2.1	Tionchar an tiúchán ocsaídite ar pholaiméiriúchán	149
4.2.2.2	Tionchar doimhne an thobair deasctha ar pholaiméiriúcháin	153
4.2.2.3	Tionchar aois an thuaslagáin polaiméiriúchána ar pholaiméiriúcháin	154
4.2.2.4	Tionchar toirt an thuaslagáin a dheascadh ar pholaiméiriúcháin	155
4.2.2.5	Tionchar an méid clúdaigh ar pholaiméiriúcháin	156
4.2.2.6	Tionchar PVS ar pholaiméiriúcháin	157
4.2.3	<i>Leictreoidí ullmhaithe as PANI amháin</i>	158

4.2.3.1	Tionchar na foshraithe ar airí scannána	159
4.3	TÁTAIL	162
CAIBIDIL A CÚIG		165
	<i>Carachtaracht ar Bhraiteoirí Bunaithe ar Pholanailín</i>	
5.1	RÉAMHRÁ	166
5.2	TORTHAÍ AGUS PLÉ	169
5.2.1	<i>Ullmhúchán bithbhraiteoirí trí úsáid a bhaint as dópáil leictriceimiceach</i>	170
5.2.1.1	Toilleadh nasctha próitéine an bhraiteora	172
5.2.1.2	Carachtarachtaí struchtúracha de chisil phróitéine	173
5.2.1.3	Anailís speictreascópach fhotaliectreoiné X-ghathach ar chisil phróitéine	183
5.2.1.4	Anailís mhicreascópach leictriceimiceach scanachána de chisil phróitéine	187
5.2.1.5	Cobhsaíocht an bhraiteora	188
5.2.1.6	Foinse an mheath sreatha	190
5.2.2	<i>Ullmhúchán ar bhraiteoirí trí úsáid a bhaint as asúchán fisiceach</i>	193
5.2.3	<i>Ullmhúchán ar bhraiteoirí trí úsáid a bhaint as trasnascadh</i>	196
5.2.4	<i>Comparáid idir na nósanna do-ghluaiseachta</i>	198
5.3	TÁTAIL	200
CAIBIDIL A SÉ		202
	<i>Forbairt ar Imdhíonbhraiteoir Leictriceimiceach Fíor-Ama d'Atraisín</i>	
6.1	RÉAMHRÁ	203
6.2	TORTHAÍ AGUS PLÉ	208
6.2.1	<i>Monatóireacht fíor-ama ar idirgníomhaithe antashubstainte-antaigine i gcóras baisce</i>	208
6.2.2	<i>Measúnacht fíor-ama d'atraisín bunaithe ar shreabh-instealladh</i>	210
6.2.2.1	Optamú ar an ráta sreibhe	211
6.2.2.2	Anailís le cruthú imdhíonmheasúnach coscáithe	213
6.2.3	<i>Anailís ilchalabraithe neamh-athghiniúna ar aon leictreoid amháin</i>	217

6.3	TÁTAIL	224
	CAIBIDIL A SEACHT	225
	<i>Forbairtí Amach Anseo</i>	
7.1	FORBAIRTÍ AR CHUMADÓIREACHT BRAITEOIRÍ	226
7.1.1	<i>Forbairtí dhuigh</i>	228
7.1.2	<i>Forbairtí i gcúrsaí phriontála</i>	229
7.1.3	<i>Smachtú ar thiús an scannáin</i>	229
7.1.4	<i>Ceisteanna maidir le treoshuíomh próitéine</i>	230
7.2	FORBAIRTÍ I bPRÓISIS MHEASÚNACHA	232
7.2.1	<i>Anailís chinéiteach ar idirghníomhaithe fhíniúchá</i>	232
7.2.2	<i>Feabhsaithe i tsamhaltú próisis il-samplacha aon-leictreoidé</i>	233
7.2.3	<i>Feabhsaithe maidir le héifeachtaí mheasúnacha</i>	233
7.3	ACHOIMRE AGUS GNÓTHAÍ GHINEARÁLTA	234
	TAGAIRTÍ	236
	LIOSTA DE FHOILSEACHÁIN AGUS TAISPEÁNTAIS	248

Giorruithe

α	Comhéifeacht thraschuir
A	Dromchla-achar na leictreoide, am
Ab	Antashubstaint
AbAg	Coimpléasc antashubstainte-antaigine
ACoE	Aicéitiolcoilíneistearáis
AD	Aonad déine
AFC	Aonchiseal féinchóimeálta
Ag	Antaigin
Ag/AgCl	Airgead/clóiríd airgid
a_i	Gníomhaíocht na hanailíte targaide
AM	Amaraildín
AM^{*+}	Fréamhchaitian polamaraildíne
ASB	Albaimin shéiream bhuaibheach
ASI	Anailís shreabh-insteallta
BC	Beinseacuineon
Bpi	Déphiridile
C_d	Toilleas ciseal dúbailte
c_i	Tiúchán na hanailíte targaide
C_k	Buanfhearann Kappa
cc	Comhéifeacht comharthrúcháin
c/c	Cóimheas comhartha/cúlrach
cDNA	Aigéad dí-ocsairibeanúicléasach comhlántach
csb	Codanna sa bhilliún
csm	Codanna sa mhilliún
cst	Codanna sa thrilliún
D, D _O , D _R	Comhéifeachtaí idirleata
Dcc	Diall caighdeánach coibhneasta
DCC	Déchiogaileacsócharbadaímíd
DCU	Déchioglaiheicsiolúiré
DMF	Démheitiolformaimíd
DNA	Aigéad dí-ocsairibeanúicléasach

DSA	Dé-óid sholas-astaíoch
dsFv	Blogh Fv nasctha go déshuifideach
FA	Fosfatáis alcaileach
E	Poitéinseal feidhmeach
E ⁰	Poitéinseal caighdeánach na leictreoid
E _{pa}	Poitéinseal na buaice anóideacha
E _{pc}	Poitéinseal na buaice catóideacha
ΔE _p	Deighilt na poitéinsil buaice
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EDC	1-Eitil-3-(3-démheitolaimíneapróipil)carbaidé-imíd
F	Freagra
Fab	Blogh antashubstainte
Fc	Blogh chriostalta
f _i	Comhéifeacht ghníomhaíoch na hanailíte targaide
FSH	Hormón falacailspreagthach
Fv	Blogh athraitheach
G	Gníomhaíocht
GCD	Gónadatróipín chóiríneach dhaonna
GC-MS	Crómatagrafaíocht gháis-speictriméadracht maise
GCS	Gouy-Chapman-Stern
GM-CSF	Fachtóir spreagadh-coilíneachta macrafagach-gráincíte
H	Slabhra trom
HAP	Hidreacarbón aramatach polaicioglach
HC	Hidreacuineon
HL	Hormón lúitíneach
i, I	Sruth
i _c	Sruth toilleasach, sruth cúlrach
i _p	Sruth cúlrach
i _{pa}	Sruth buaice anóideach
i _{pc}	Sruth buaice catóideach
Ig	Imdhíonghlóbailín
ISP	Idirghníomhú slabhrach polaiméaráise
IUPAC	Aontas Idirnáisiúnta de Cheimic Íne agus Fheidhmeach

k^0	Tairiseach ráta traschuir leictreoin ilchineálach
K_a	Tairiseach cothromaíoch comhthiomsúcháin
k_a	Tairiseach ráta comhthiomsúcháin
k_d	Tairiseach ráta díthiomsúcháin
L	Sreanga eatrom
LCG	Leictreoid charbóin ghloineach
LCS	Leictreon cúlscaipthe, leictreoid chalmail shánaithe
LM	Leocómarailín
LM^{*+}	An fhréamhchaitian leocómarailíne
LMS	Leictreonmhicreascópacht scanacháin
LSP	Leictreoid scáthlán-priontáilte
LT	Leictreon tánaisteach
m	Fána
$m_{0.05}$	Fána na freagartha ag tiúchán de 0.05 µg/ml
MA	Metamphetamine
mAb	Antashubstaint mhonaclónach
MAF	Meatanól fearóicéine
MFA	Micreascópacht fhóirse adamach
MISNE	Measúnacht imdhíonshúiteáin nasctha-einsíme
MLCS	Micreascópacht leictriceimiceach scanachána
(m/t)	Meáchan sa thoirt
n	An méid leictreoin
N	Mólanna den shubstaint leictrighníomhach, an méid de phointí shonraithe
NHS	<i>N</i> -hiodrocsasucanaimíd
ODC	Ocsaíodáis cholaistéaróil
ODF	O-déchlóiríd feiniléine dé-aimíne
ODG	Ocsaíodáis ghlúcóis
OGA	Ocsaíodáis ghalachtóis
OIF	Ocsaíd indiam dóptha le fluairín
OIS	Ocsaíd indiam dóptha le stán
PAA	Polaicrileáit
pAb	Antashubstaint pholaclónach

<i>p</i> AFF	<i>p</i> -aimínefeinil fosfáit
PANI	Polanailín
PANI/PVS	Polanailín/polai pholai(viniolaigéad sulfánach)
PARISS®	Prism and Reflector Imaging Spectrometer System
PC	Ríomhaire pearsanta
PCO	Poitéinseal ciorcad oscailte
PET	Poileitiléin theireatálach
PMAS	Polai(meatocsai-anailín sulfonáit)
PNAS	Próitéin nasctha-aigéad sailleach
PPy	Polaipioról
PTFE	Polaiteitreafluaireitiléin
PTh	Polai(thiaféin)
PVC	Polaiviniolclóiríd
PVP	Poly(4-vinil piridín)
PVS	Polai(viniolaigéad sulfánach)
r	Ga na leictreoidé
R	Gásthairiseach uilíoch
Ra	Meánmhíchothroimeacht
RCS	Réigiún comhlántach socraithe
Rsm	Rothlaithe sa nóiméad
s.a.	Sruth ailtéarnach
scAb	Antashubstaint aon-shlabhrach
scFv	Fv aon-shlabhrach
s.d.	Sruth díreach
SFX	Speictreascópacht fhótaileictreonach X-ghathach
SLD	Scannán lipide dhéchisil
SPR	Athshondas plasman dromchla
SRF	Sárocdaiódáis raidis fhiáine
stAb	Antashubstaint chobhsaite
t	Am
T	Dearbhteocht, snáithíní sa cm le snátha de ghráda tibhe, tiúchán, toilleas comhéadanach
T ⁰	Toilleas ciseal dubailte speiceasach

T.B.	Teorainn bratha
T.i.	Trasthomhas inmheánach
TIMI	Teicníocht imdhíonmheasúnacht ileinsíme
TIR	Trasnaitheoir iarmharta réimse
TMB	3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine
TMA	Tuaslagán meadú airgid
TMF	Tuaslagán maoláin fosfáite
tRNA	Teachtair aigéad ribeanúicléasach
(t/t)	Toirt sa thoirt
TTF	Teitreatiafulbhailín
U	Gásthairiseach uilíoch
UV	Ultraivialait
υ	Ráta scanta
V	Volt
V _H	Slabhra trom inathraitheach
V _L	Slabhra eatrom inathraitheach
VC	Voltmhéadracht chioglach
VEID	Víreas easpa imdhíonachta daonna
VSL	Voltmhéadracht scanta líneach
XSF	X-ghath spréite fuinnimh
Z	Luach airde
ψ	Tairiseach do pharaiméadar cinéiteach
Ω	Ohm
2-D	Déthoiseach
2,4-D	2,4-Déchlóirfeinocsaí aigéad aicíteach
2,4,5-T	2,4,5-Tríchlóirfeinocsaí aigéad aicíteach
3-D	Tríthoiseach
7-OHC	7-Hiodrocsaiciúmairin

Caibidil a hAon

**Imdhíonbhraiteoirí Leictriceimeacha
do hAnailís Timpeallachta:
Léirmheas Litríochta**

1.1 RÉAMHRÁ

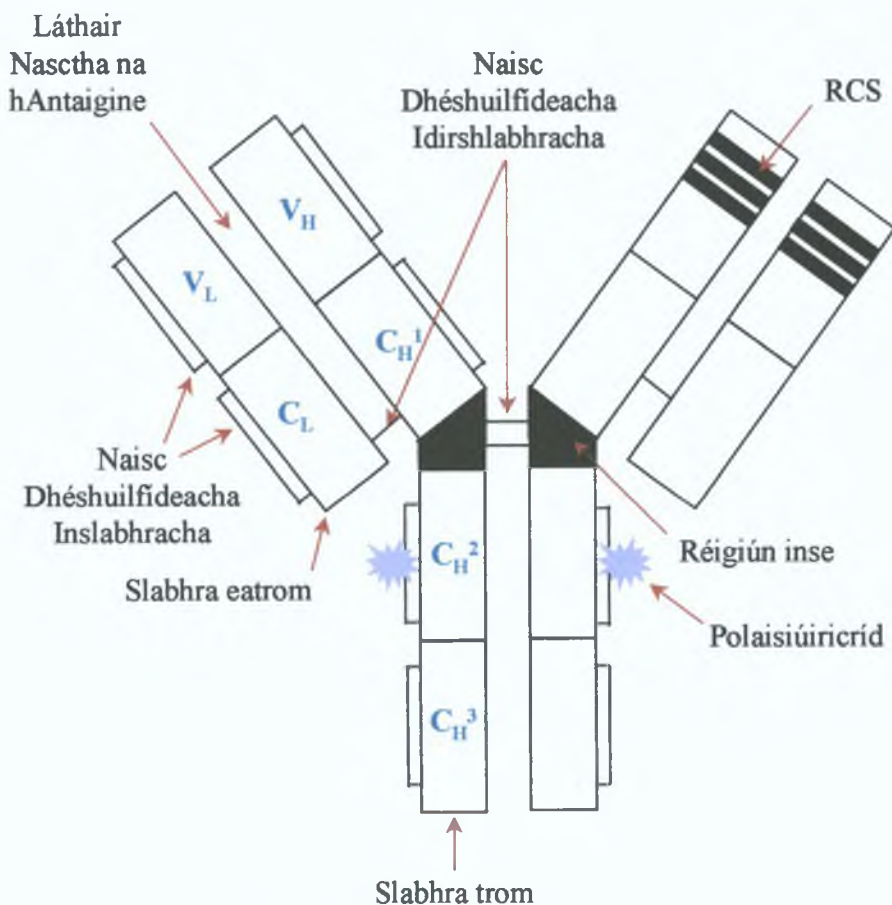
Séard is imdhíonbhraiteoir ann ná braiteoir bunaithe ar fhíniócht atá in ann an eachtra nasctha idir antaigin agus a hantashubstaint speiciseach a bhrath, tríd an imoibriú imdhíoncheimiceach seo a chúpláil le dromchla trasduchtóra. Déantar malairt ar an athrú fisiceimiceach a tharlaíonn sa timpeallacht bitheolaíoch mar thoradh ar an imoibriú seo, go comhartha leictreach cáinníoch. Is aon bhall amháin den chine braiteoirí iad imdhíonbhraiteoirí, a mbeireann brabús as na tréitheanna roghnaíocha a bhaineann le baill bhitheolaíocha (mar shampla einsímí, aigéid núicléasacha, cealla agus gabhdóirí), le haghaidh brathanna a dhéanamh leo. De réir teoirice, is féidir antashubstaintí a ullmhú i gcoinne struchtúr ceimiceach ar bith, trí dhíonadh ainmhithe nó trí úsáid a bhaint as teicníochtaí nua bhithinnealtóireacha. Dá bhrí sin, d'fhéadfaí úsáid a bhaint astu mar mhóilíní bhithaitheantais shaonracha uilíocha ó thaobh na hanailíse de.

Ar dtús, déanann an léirmheas litríochta seo cur síos leathan ar na prionsabail atá i gceist maidir leis na himoibrithe idir antashubstaintí agus a n-antaiginí; ó struchtúr agus táirgeadh na hantashubstaintí, go cinéiticí na himoibrithe agus na modhanna ina chuirtear na próitéiní seo le dromchla na trasduchtóra. Déantar cur síos ar na modhanna imdhíonmheasúnacha difriúla a úsáidtear go traidisiúnta chun na himoibrithe seo a bhrath. Tugtar cúla bunúsach ar fáil faoin mbraiteoir, go háirithe faoi chúla na mbraiteoirí leictreiceimiceacha. Faoi dheireadh, tugtar cuntas ar na feidhmeanna a bhaineann le himdhíonbhraiteoirí leictreiceimieacha mar seo, maidir le monatóireacht timpeallachta a dhéanamh leo.

1.2 AN t-IMOIBRIÚ IMDHÍONACH

1.2.1 Struchtúr agus feidhm na hantashubstainte

Séard is antashubstaintí nó imdhíonghlóbailíní (Ig) iontu, ná próitéiní shéireamacha atá táirgthe ag dhá shórt de chealla fola, limficítí B agus cealla plasmacha, mar fhreagairt ar ionradh a dhéanamh ar an óstach ag substaint choimhthíoch, a thugtar antaigin uirthi [1]. Tig leis an gcorp antashubstaint a tháirgeadh i gcoinne antaigin ar bith, ó phróitéiní shimplí go córais chasta ar nós cealla. Tá cúig chineál de Ig ar fáil, a aithnítear óna chéile iad mar gheall ar an tstructúr a bhaineann leis na slabhraí throma iontu. Seasann an fho-aicme IgG, le struchtúr de réir cineáil struchtúr an bhithmhóilín IgG1 atá léirithe i *bhFigiúr 1.1* ag baint léi, do thart ar 70-75% den fho-aicme imdhíonghlóbailíneach agus is í seo an antashubstaint is mó a úsáidtear le feidhmeanna braitheora [2].



Figiúr 1.1: Struchtúr tipiciúil na hantashubstainte IgG (IgG1).

Tá ceithre shlabhraí pholaípeiptídeacha san antashubstaint, le dhá shlabhraí throma (H) agus dhá shlabhraí eatroma (L) mar a chéile iontu, atá fillte go fearainn agus atá ceangailte le chéile trí naisc dhéshuifídeacha sa réigiún inse. Is féidir an antashubstaint a ghiotú i mbloghanna difriúla, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 1.2*. Tá láthair nasctha na hantaigine suite ag bun na mbloighe Fab (cuimsithe as réigiún athraitheach agus réigiún seasmhach den shlabhra trom (V_H) mar aon le réigiún athraitheach agus réigiún seasmhach den shlabhra eatrom (V_L)) comhionanna. Is ann a nascann an réigiún athraitheach den shlabhra trom (50 kDa) agus an réigiún athraitheach den shlabhra eatrom (22 kDa) le chéile. Go príomhach, tá na hiarmharanna aimínaigéadacha a nascann leis an antaigin, suite sna sé réigiúin chomhlántacha socraithe (RCS) de na slabhraí seo. Tá siadsan cliathánta ag ocht réigiúin chreatlacha, a dhéanann naisc leis an antaigin uaireanta agus atá riachtanach chun filleadh a bhaint amach ar na fearainn, chomh maith le hiomláine an láthair nasctha a choimeád. Is é an éagsúlacht sna réigiúin seo is cúis le táirgeadh antashubstaintí a bhfuil difríochtaí mhóra ó thaobh na sonrachais agus na finíochtais (neart nasctha) de, ag baint leo.

Figúr 1.2: Na bloghanna ab fhéidir a ghineadh ón mbithmhóilín IgG trí dhileá einsímeach agus trí theicníochtaí athchuingreacha.

Tá feidhmeanna éifeachtóireacha atá páirteach i spreagadh a dhéanamh ar an bhfreagairt imdhíonach, ag baint leis an roinn Fc den antashubstaint agus dá bhrí sin, níl páirt le glacadh aici in eachtra nasctha na hantaigine. Is í antaigin inti, ná substaint atá in ann freagairt imdhíonach a ghineadh. Ach tá meáchanna móilíneacha ró-íseal chun na freagairtí imdhíonacha seo a tháirgeadh ag baint le comhdhúl áirithe, cosúil le lotnaidicídí. Ní mór na ‘haptain’ seo a chomhchuingeadh le próitéin iompartha cosúil le halbaimin shéiream bhuaibheach (ASB), le haghaidh cúrsaí aitheantais agus anailísí imdhíonacha a dhéanamh. Nascann an antashubstaint leis an antaigin i bhfearann conformálach ar dhromchla na hantaigine, a dtugtar deitéarmanant antaigine nó heipeatóp air. Cé go mbaineann struchtúr tríthoiseach le hantaiginí, is minic a bhíonn roinnt eipeatóip dhifriúla nó atheipeatóip ar a ndromchlaí. Athnaíonn gach antashubstaint aon eipeatóp amháin in ionad an antaigin iomlán. Tá cur síos níos cruinne ar an imoibriú seo, chomh maith le cur síos ar na cinéitici a bhaineann leis an eachtra nasctha idir an antashubstaint agus an antaigin, déanta i Mír 1.2.4.

1.2.2 Táirgeadh antashubstaintí agus a mbloghanna

Tá trí theicneolaíochtaí ar fáil chun antashubstaintí a tháirgeadh: táirgeadh antashubstaintí pholaclónacha (pAb), táirgeadh hibrideomach d’antashubstaintí mhonaclónacha (mAb) agus táirgeadh bloghanna d’antashubstaintí le teicneolaíochtaí athchuingreacha. Brathann an straitéis táirgeadh a roghnaítear ar na hiarratais a bhaineann leis an gcóras measúnach a chuirtear an antashubstaint leis.

1.2.2.1 Antashubstaintí pholaclónacha

Go traidisiúnta, bhí sé furasta antashubstaintí a tháirgeadh gan stró trí orgánach óstaigh – mamach, de ghnáth – a himdhíonadh leis an antaigin. Bhí an séiream antashubstainte seo, a íonghlánadh ó fhuil an mhamaigh seo, polaclónach ó dhúchas. Sé sin, bhí meascán d’antashubstaintí ilchineálacha, le sonrachais dhifriúla do raon d’eipeatóip dhifriúla ar dhromchla na hantaigine, ag baint leis. De dheasca sin, bhí difríochtaí ann idir airí bhithcheimiceacha na hantashubstainte, thar scataí agus idir

díonacha. Chuir an ilchineálachas seo teorainn ar úsáid a bhaint as na hantashubstaintí pholaclónacha seo i réimsí ina raibh foinse chomhsheasmhach d'antashubstaintí ag teastáil.

1.2.2.2 Antashubstaintí mhonaclónacha

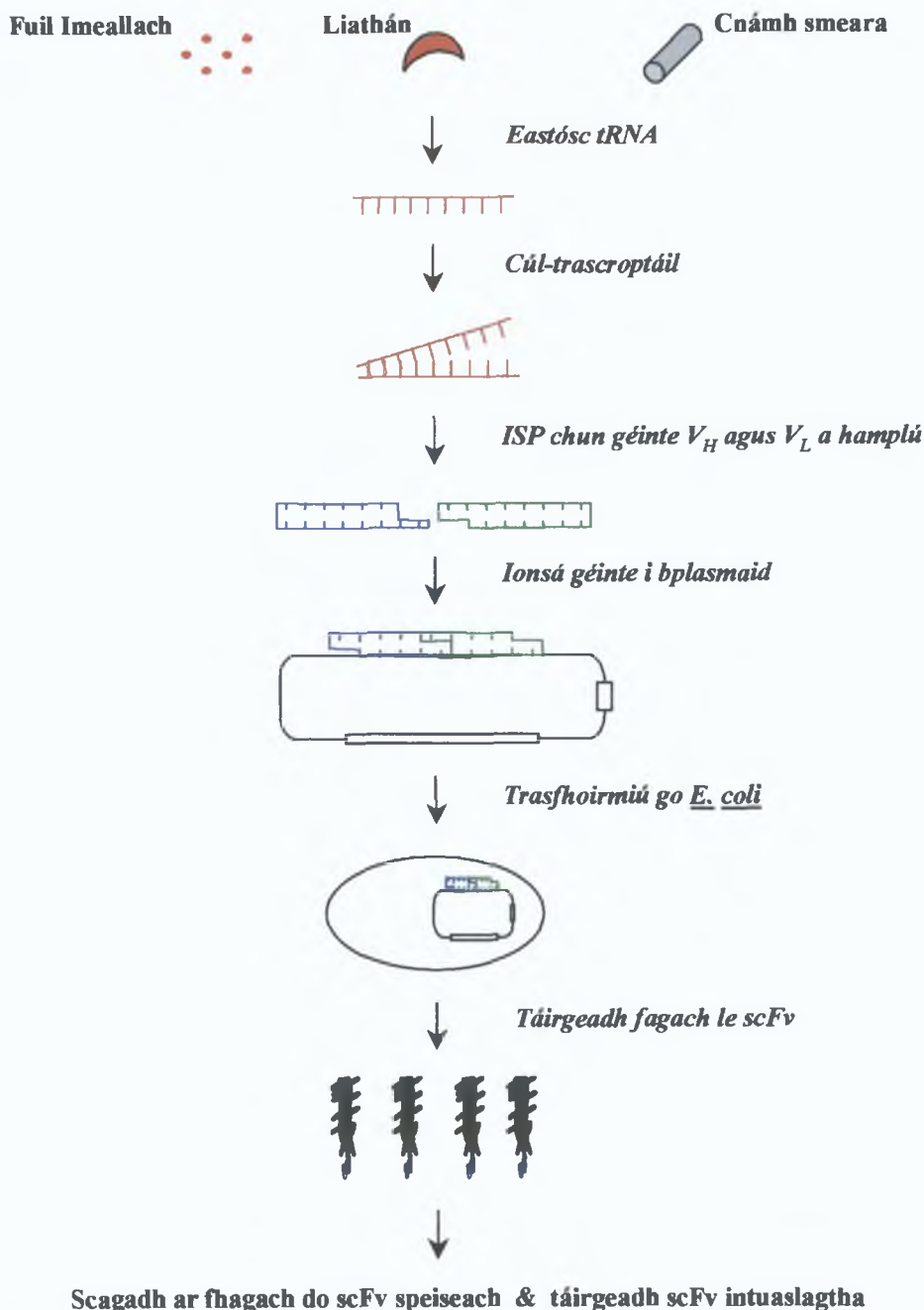
Sa bhliain 1975, forbraíodh modh nua chun antashubstaintí mhonaclónacha aonchineálacha, le sonrachais shainmhínithe d'aon eipeatóp amháin ar dhromchla na hantaigine, a ullmhú [3]. Séard a bhí i gceist ann ná cill-línte chlónacha aonair, a dtugtar hibrideomanna orthu, a ullmhú trí chillchomhnasccha bréige a cruthú idir limfícítí-B ó liathán mamaigh imdhíonta agus ó chealla mealla miaileómacha. Sa slí sin, cuirtear na hairí tháirgeacha antashubstainte a bhaineann leis na hibrideomanna, le 'neamhbhásmhaireacht' na cealla mealla. Baintear an chomhnascadh amach le poileitiléin ghliocól, a chomhnascann cillscannáin an dá chealla le chéile. Fásann na cealla i tsaothrúchán ina bhfuil meán roghnaíoch de hipeacsaintín, aimínteirin agus tímídín ann. Ní féidir leis na cealla neamhleáiteacha miaileómacha fás sa mheán seo. Imíonn na cealla liathána i léig de réir a chéile go dtí nach maireann ach na hibrideomanna leáite agus táltar iadsan isteach sa mheán móorthimpeall. Ansin caoltar an pobal hibrideomach ilchineálach ionas nach bhfuil fágtha ach aon chill amháin in aon log amháin. Is féidir na mAb seo a fhás ar an mórchóir *in vitro* nó *in vivo* agus is féidir iad a scairt óna chéile de réir gníomhaíochtaí, sonrachais agus tras-imoibríochtaí de. Cé gurbh fhéidir smacht a chur ar na hairí a bhaineann le clón agus cé go bhfuil na comhphróitéiní mar an gcéanna, is cúis le caighdeánú imdhíonmheasúnachtaí iad antashubstaintí mhonaclónacha. In aineoinn an costas coibhneasta a bhaineann leis an bpróiseas, tá na córais seo bunaithe ag go leor saotharlanna faoi láthair [4].

1.2.2.3 Antashubstaintí athchuingreacha

Mar atá léirithe cheana féin, níl aon pháirt le glacadh ag an slabhra Fc in eachtraí nascadh antaigíní agus dá bhri sin, d'fhéadfadh go mbeadh buntáistí faoi leith ag baint lena bhaint den antashubstaint. Scoilteann na heinsímí phróitéanáise peipsin agus

paipin droichidí agus naisc dhéshuifídeacha na hantashubstainte, ionas gur ghintear an chuid $F(ab')_2$ nó dhá bhloghanna Fab faoi leith, már atá ag teastáil. Ach is deacair bloghanna d'antashubstaintí aonchineálacha a ullmhú leis an dteicníocht seo agus tógann sé a lán am freisin, mar chaithfidh go mbeadh na coinníollacha optamaithe le haghaidh gach antashubstaint. De dheasca forbairtí i dteicneolaíochtaí ghéiniteacha mhóilíneacha, is féidir bloghanna sainithe d'antashubstaintí a ghineadh agus freisin, is féidir cur leis an raon de bhloghanna atá ar fáil chomh maith. Mar shampla, is féidir na bloghanna Fv, Fd agus bloghanna RCS faoi leith a haonrú, mar a thaispeántar cheana féin i *bhFigiúr 1.2*. Is féidir bloghanna nua a ghineadh chomh maith, mar shampla, trí stopchódónanna a hionsú i ngéinte na slabhraí throma agus eatroma [5]. Táirgítear na bloghanna d'antashubstaintí athchuingreacha seo ó fhíochán imdhionach nó ó líntí chealla hibrideomacha, trí úsáid a bhaint as teicneolaíocht aigéad dí-ocsairibeanúicléasach (DNA), a chuireann foinse géiniteach cobhsaí ar fáil agus a thugann deis le haghaidh láimhseáil géiniticeach a dhéanamh. Chomh maith le sin, d'fhéadfadh go mbeadh na modhanna fásacha agus íonghlanta i bhfad níos simplí agus d'fhéadfadh nach tógadh siad an chuid is mó am chun iad a bhaint amach, i gcomparáid le teicneolaíochtaí hibdireomadacha. Cuireann teicneolaíocht antashubstainte athchuingreach nósanna leabharlainne DNA comhlántacha (cDNA) agus an teicneolaíocht thaispeántais fhagach le chéile, chun méideanna móra de chlónanna Ig a cruthú agus a scagairt óna chéile. Séard is leabharlann antashubstainte athchuingreacha inti, ná stór de chlónanna, inar féidir le gach aon chlón acu antashubstaint difriúil a tháirgeadh. D'fhéadfaí na leabharlanna seo a úsáid chun clónanna a roghnú, ionas gurbh fhéidir antashubstaintí a tháirgeadh, a bhfuil sonrachas do haptan áirithe ag baint leo [6-7].

Is é an chéad rud atá le déanamh chun leabharlann a tháirgeadh le taispeántas fagach, ná teachtaire aigéad ribeanúicléasach (tRNA) a haonrú ó fhoinsé cosúil le fuil imeallach, cealla liathánacha nó cnámh smeara, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 1.3*. Ba cheart go mbeadh stór iomlán de shonrachais antaiginí ag baint leis an ARN atá aonraithe agus d'fhéadfaí é a úsáid chun cDNA a tháirgeadh, trí úsáid a bhaint as cúl-trascroptáil. Dá úsáidfí priméir oiriúnach faoi leith, is féidir an t-idirghníomhú slabhrach polaiméaráise (ISP) a úsáid chun géinte na slabhraí troma agus eatroma a hamplú, le haghaidh táirgeadh a bhaint amach ar antashubstaintí. Ansin, úsáidtear ISP chun na bloghanna géiniteacha a hamplú. Ansin, nasctar na bloghanna le chéile agus déantar clóin astu, istigh i veicteoir fagach oiriúnach.



Figiúr 1.3: Táirgeadh leabharlann taispeántais fagaigh comhlántach. Is féidir tRNA a haonrú ó fhuil imeallach, liathán nó cnámh smeara. Déantar cúl-trascroptáil agus aimpliú ISP ar ghéinte na slabhraí eatroma agus troma den antashubstaint, trí úsáid a bhaint as clainne de phriméir inathraitheacha agus seasmhacha. Nascann géinte na slabhraí eatroma agus troma le chéile agus foláitear isteach i bplasmaid iad agus ina dhiaidh sin déantar trasfhoirmiú orthu go *E. coli*. Baintear fáscadh fagaigh amach trí hionfhabhtú a dhéanamh le fagach cabhrach agus ansin tarlaíonn roghnú finíoch i gcoinne an antaigin faoi leith atá do-ghluaiste le taca soladach. Nuair a haonrófar na clóin faoi leith, is féidir antashubstaint intuaslagtha a shloinnté trí ghéineanna sonracha eatroma agus troma a hath-fholú isteach i veicteoir le haghaidh sloinneadh intuaslagtha.

Ina dhiaidh sin, is féidir an antashubstaint a thaispeáint ar dhromchla na fagacha, le haghaidh cúrsaí scagáile agus roghnaithe a dhéanamh. Ar dtús, táirgítear antashubstaintí shonracha trí atáirgeadh *Escherichia coli* (*E. coli*) a dhéanamh, próiseas a scaoileann víreon isteach sa fhorleacht. Ansin, scagtar an forleacht chun antashubstaintí shonracha do haptain a haonrú. Tár éis aonrachais na hantashubstaintí shonracha a bhaint amach, déantar fochlónáil ar DNA ó na clóin seo isteach i bplasmaidí a bhfuil tréithe le haghaidh fáscadh intuaslagtha den antashubstaint ag baint leo.

Tá próisis rhoghnaíocha chun clónanna a thárgaíonn antashubstaintí shonracha a haonrú fíor-thábhachtach chun na hantashubstaintí faoi leith a bhaint amach. Is í ceann de na modhanna roghnaíocha is coitianta a úsáidtear, ná roghnú finíoch (a ghlaotar bith-scagáil air chomh maith) a dhéanamh ar na hantashubstaintí a thaispeánann fagachaí, trí antaigin a dho-ghluaiseacht le tacaí nó colúin sholadacha [8]. Nó de rogha air sin, is féidir triail a bhaint as an mbithbhraiteoir BIAcore™ chun anailís a dhéanamh ar an eachtra nasctha antashubstainte le hantaiginí atá do-ghluaiste le dromchla sliste [9]. Ansin, d'fhéadfaí antashubstaintí shonracha a roghnú, carachtaracht a dhéanamh orthu, chomh maith le mapáil eipeatópach a dhéanamh freisin. Chun an slonn feidhmiúil ceart den mhóilín antashubstainte iomlán a bhaint amach, úsáidtear veicteoirí chun na géinte de na slabhraí athchuingreacha throma agus eatroma a chur in iúl i gceart. Cuireann na veicteoirí seo cumas ar na bloghanna táladh isteach in óstach miocróbach oiriúnach, mar shampla baictéar cosúil le *E. coli* nó córais eocaratacha cosúil le plandaí thrasgéineacha (mar shampla tabac) [10-11]. Tálfaí na bloghanna isteach i spás peireaplasmach an óstaigh, áit ina bhfuil timpeallacht ocsaídithe ar fáil chun an filleadh agus an comóradh ceart a dhéanamh ar na slabhraí throma agus eatroma. Tá neamhsheasmhacht ag baint le roinnt bloghanna, ar nós na réigiún Fv, cé nach bhfuil naisc dhéshuifídeacha idir-fhearainne ag baint leo. Dá bhrí sin, forbraíodh modhanna cobhsaitheoirithe eile chun na fearainn inathraitheacha seo a choinneáil le chéile. Mar shampla, is féidir iarmharanna cistéine a chur leo chun naisc dhéshuifídeacha a cruthú, a d'fhéadfadh trasnaisc a chruthú idir an dá shlabhra den fhearann Fv (dsFv) [12]. De rogha air sin, is féidir innealtóireacht próitéine a úsáid chun nasc peiptídeach hidrifíleach solúbtha a chruthú, le haghaidh blogh Fv aon-shlabhrach (scFv) a tháirgeadh [13]. Trí naisc idir-fhearainne a chruthú idir bloghanna antashubstaintí aon-shlabhracha (scAb), chun bloghanna

antashubstaintí chobhsaite (stAb) a cruthú, méadaítear cobhsaíochtaí na n-antashubstaintí faoi choinníollacha neamh-fhiseolaíochúla, mar shampla i dtuaslagóirí pholaca agus neamh-pholacha [14].

Tá comparáid déanta ag roinnt údair idir oibriúanna na mbloghanna antashubstainte agus oibriúanna na n-antashubstaintí iomlán agus fuaireadar amach gurbh fhéidir íogaireacht níos airde a bhaint amach leis na bloghanna, b'fhéidir de dheasca dromchla-dhlúis chlúdaithe níos airde [15-17]. Trí bhloghanna athchuingreacha a úsáid, d'fhéadfaí íogaireacht an bhraith a mhéadú faoi dheich nó faoi chéad agus is féidir iad a bheartú ionas go mbeadh siad níos cobhsaí agus fós go mbeadh fioníocht ard ag baint leo [18]. Ceaptar go bhfuil airí fhisiceacha agus airí cheimiceacha níos fearr ag baint leo nuair a bhaintear úsáid astu le haghaidh anailís a dhéanamh ar mhóilíní bheaga [19]. Ní úsáidtear antashubstaintí athchuingreacha go forleathan le himdhíonbhraiteoirí áfach, cé nach féidir le gach saotharlann sochar a bhaint as an dteicneolaíocht seo.

1.2.3 Na prionsabail a bhaineann le himdhíonmheasúnachtaí

Is teicníocht shaotharlainne í an imdhíonmheasúnacht, atá bunaithe ar an aitheantas idir antaigin agus antashubstaint agus ar na heachtraí nasctha a tharlaíonn eatarthu de bharr an aitheantais seo. Brathann an fhormáid a roghnaítear ar an íogaireacht agus an luas atá ag teastáil ón measúnacht, an anailít faoi leith, chomh maith lena tiúchan agus an mhaitris ina maireann sí [20]. Nuair a nascann antashubstaint lena hantaigin, tarlaíonn athruithe beaga an-lócáilte conformáileacha leictreonacha i struchtúr na hantashubstainte, athruithe atá deacair a bhrath go díreach. Dá bhrí sin, úsáidtear riancomhdhúil cosúil le heinsím (measúnacht imdhíonshúiteáin nasctha-einsíme (MISNE)), móilín fluairaiseach (fluara-imdhíonmheasúnacht) nó lipéad radaighníomhach (raid-imdhíonmheasúnacht) le haghaidh córas tánaisteach a chur ar fáil chun an eachtra nasctha a bhrath. Ní minic a úsáidtear lipéid radaighníomhacha sa lá atá inniú ann áfach, de bharr na contúirtí a bhaineann leo. Faoi láthair, is iad einsímí na lipéid a bhaintear an chuid is mó úsáid astu; ba iad na heinsímí is coitianta ná na heinsímí shárocsaíodáise, mar shampla sárocsaíodáis raidis fhiáine (SRF), na

heinsímí ocsaíodáise agus na heinsímí fhosfatáise. Brathann an einsím a roghnaítear ar roinnt mhaith fachtóirí, mar shampla an costas, rátaí iompú fhoshraithe fhábhracha (sé sin rátaí airde), an meachán móilíneach, chomh furasta is atá sé chun comhchuingeacht a bhaint amach 7rl. Is í táirgeadh táirge daite, trí fhosraith a chur leis an einsím, a bhrafar i gcás an MISNE, an imdhíonmheasúnacht is coitianta a bhaintear úsáid aisti. D'fhorbair Tang *et al.* córas bunaithe ar imdhíonmheasúnacht le déanaí, inar chuir siad pláta micritítearach le córas braiteora leictriceimiceach ilchineálach [21]. Dúirt na húdair go raibh a modh níos fábhraí ná modhanna braiteora speictreascópacha traidisiúnta, cé gur laghdáíodh trasnaíochtaí ón moirtiúlacht agus ó dhathanna. Tá na modhanna leictriceimiceacha in ann íogaireacht níos airde a bhaint amach agus freisin, níl siad chomh costasach is atá na modhanna optúla. Trí anailís a dhéanamh ar IgG coiníne, bhaineadar teorainn bratha de 6.3 pM amach, teorainn níos ísle ná an teorainn de 24.9 pM a bhaineadar amach leis an modh speictreascópach. Ach bhí fachtóir caolaithe ag baint leis an gcóras áfach.

Is féidir imdhíonmheasúnaigh a rangú idir dhá chatagóirí; measúnaigh ilchineálacha agus measúnaigh aonchineálacha. San imdhíonmheasúnacht ilchineálach, bíonn an coimpléasc antashubstainte-antaigine deighilte go fisiciúil, trí úsáid a bhaint as fas soladach, ó imoibrithe shaoire nach bhfuil páirteach san imoibriú. Is í seo an modh ilchineálach a úsáidtear den chuid is mó le braiteoirí atá bunaithe ar antashubstaintí agus is féidir í a fho-dheighilt maidir le córais iomaíocha agus neamhiomaíocha.

1.2.3.1 Imdhíonmheasúnachtaí ilchineálacha iomaíocha

Maidir leis an imdhíonmheasúnacht ilchineálach iomaíoch, nuair a dho-ghluaiseadar an antashubstaint leis an dromchla soladach, úsáidtear antaigin le lipéad a théann in iomaíocht le hantaigin gan lipéad (sé sin, an anailít) sa shampla, chun eachtra nasctha a dhéanamh leis na hantashubstaintí dho-ghluaiste. Tá an comhartha i gcomhréir inbhéartach le tiúchan na hanailíte sa shampla.

1.2.3.2 Imdhíonmheasúnachtaí ilchineálacha neamhiomaíocha

Le córais neamhiomaíocha, nó córais mheasúnacha ‘cheapaireacha’, braithfear an eachtra nasctha idir antaigin agus antashubstaint atá do-ghluaiste, trí úsáid a bhaint as athantashubstaint le lipéad, a nascann le heipeatóp eile den antaigin. Ansin brathann an freagairt go díreach ar an méid den antaigin atá nasctha. Cé go bhfuil imdhíonmheasúnachtaí cheapaireacha níos íogaire ná imdhíonmheasúnachtaí iomaíocha, ní féidir iad a úsáid chun anailís a dhéanamh ar haptain áfach, mar ní féidir leo nascadh le níos mó ná aon antashubstaint amháin de dheasca a struchtúir bheaga [22]. De rogha air sin, is féidir MISNE a dhéanamh tríd an antaigin in ionad an antashubstaint a dho-ghluaiseacht leis an dromchla. Ach i gcás mar seo áfach, bheadh an anailís níos costasaí cé go mbeadh níos mó antashubstaintí chostasacha ag teastáil chun í a bhaint amach.

1.2.3.3 Imdhíonmheasúnaigh aonchineálacha iomaíocha

Níl aon gá le deighilt a dhéanamh idir imoibrithe nasctha agus neamh-nasctha le himdhíonmheasúnaigh aonchineálacha iomaíocha, cé go hathraíonn an eachtra nasctha gníomhaíocht an lipéid einsíme sa thuaslagán. D’fhéadfadh go mba chúis leis na hathruithe seo, ná baic steireacha nó athruithe i gcumraíocht na heinsíme, trí sciata iomlán nó páirtsciata a dhéanamh ar láthair gníomhach na heinsíme, ionas nach féidir le móilíní den fhosraith teacht chuithi. Sampla d’imdhíonmheasúnacht aonchineálach iomaíoch is ea an theicníocht imdhíonmheasúnach ileinsíme (TIMI). Is é an buntáiste is mó a bhaineann leis an imdhíonmheasúnacht seo, ná nach mbíonn ach aon chéim amháin ag teastáil chun í a bhaint amach. Ach tá míbhuntáistí ar nós cúdraí airde agus neamhiogaireacht ag baint leis an imdhíonmheasúnacht seo áfach agus tá seans ann gur chuirfeadh comhdhúil ón máitrís isteach ar an anailís freisin.

1.2.4 Cinéitici an idirghníomhú idir antashubstaint agus antaigin

Nuair a nascann antashubstaint le hantaigin, cruthaítear naisc neamh-chomhfhiúsacha idir an eipeatóp ar dhromchla na hantaigine agus na hiarmhair aimínaigéadacha de na réigiúin RCS den láthair nasctha antaigine (sé sin, an paratóp). Tá na fórsaí aomaithe seo cuimsithe de naisc hidrigineacha, fórsaí leictreastatacha, fórsaí van der Waals agus naisc hidreafóbacha [1]. Tá an-fhíniúcht, atá comhdhéanta as an tsuim de na fórsaí aomaithe agus éartha sa choimpléasc antashubstainte-antaigine, ag baint leis an idirghníomhú seo. Cé gur féidir na naisc neamh-chomhfhiúsacha seo a dhíthiomsú, tá idirghníomhaithe idir antashubstaintí agus antaiginí inchúlaithe agus baineann an dlí mais-ghníomhach leo. Mar sin de, is féidir an tairiseach finíoch antashubstainte, atá comhartha ag an tairiseach comhthiomsaithe mólarach (sé sin, comhromaíoch) K_a a ríomh, trí úsáid a bhaint as na cothromóidí seo leanas:



nó faoi chothromaíocht

$$K_a = \frac{[\text{AbAg}]}{[\text{Ab}][\text{Ag}]} = \frac{k_a}{k_d} \quad [\text{Cothromóid 1.2}]$$

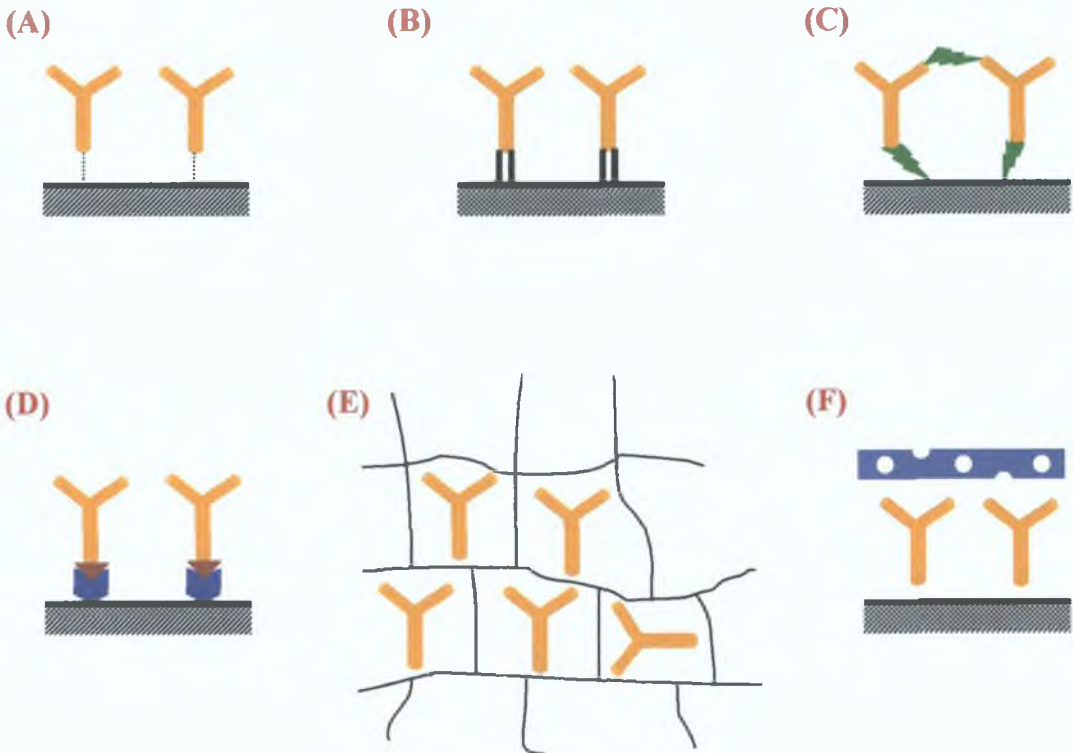
Maidir le cothromóidí 1.1 agus 1.2, seasann k_a don rátathairiseach comhthiomsaithe (ann-ráta) do dhéanmhaíocht an choimpléisc agus seasann k_d don chúlrátathairiseach (as-ráta) do dhíthiomsú na hantaigine den antashubstaint. Seasann AbAg don choimpléasc antashubstainte-antaigine, de bhrí gur sheasann Ag agus Ab don antaigin shaor agus don antashubstaint shaor, faoi seach. Bíonn $k_a \gg k_d$ maidir leis an gcuid is mó de hidirghníomhaithe idir antashubstaintí agus antaiginí, de bharr na fórsaí aomaithe il-láithreacha optamaithe idir an antaigin agus láthair nasctha na hantashubstainte, agus cuireann sé seo leis na tairisigh finíocha airde seo. Nuair a bhíonn leath de láthair nasctha na hantashubstaintí nasctha le hantaiginí, $K_a = 1/[\text{Ag}]$ agus léiríonn sé seo go mbeadh tiúchan íseal de hantaigin ag teastáil chun leath de

láthair nasctha na hantashubstainte a cheangailt le hantaiginí. Os a choinne sin, bheadh tiúchan d'antaigin i bhfad níos airde ag teastáil ó antashubstaint le finíocht íseal, chun an luí chéanna a bhaint amach. Nuair a bhíonn luachanna airde de K_a i gceist, bíonn sé deacair inchúlaitheacht a bhaint amach, mar bhíonn fórsaí láidre ag teastáil chun na naisc dhaingean seo a bhriseadh. De gnáth, is féidir é seo a bhaint amach trí úsáid a bhaint as tuaslagáin le pH ard nó íseal, nó le tiúchan ard de shalann iontu.

Cé go mbaineann fmíocht leis an idirghníomhú idir aon pharatóp amháin agus haptan, baineann nádúr ilfhiúsach le hantashubstaintí agus antaiginí de ghnáth. Cuireann an fiús seo leis an idirghníomhú iomlán agus tugtar cíocras air. Tá an cíocras seo freagrach as méadú mór (suas le míle oiread) i gcobhsaíocht an choimpléisc antashubstainte-antaigine, i gcomparáid le naisc mhonafhiúsacha [1]. Ní ar iarmhair cheimiceacha amháin a bhrathann na hantashubstaintí orthu chun naisc a dhéanamh le hantaiginí; athnaíonn siad an chonformáil iomlán den eipeatóp chomh maith. Tugann difríochtaí i gconformáileanna steireacha agus lucht, eolas ar fáil faoi fhíníocht an idirghníomhú. Úsáidtear teicníochtaí cosúil le MISNE, crómatagrafaíocht fhíníoch, calraiméadracht thoirtmheasctha agus speictreascópacht go minic, chun K_a a haimsiú. Ach ní thugann na teicníochtaí seo eolas ar fáil ach amháin faoi naisc chothromaíocha an idirghníomhú. Ní thugann siad cur síos cuimsitheach ar an eachtra nasctha. Déanann K_a cur síos amháin ar ché chomh héasca is atá sé chun coimpléasc cobhsaí a dhéanamh as antashubstaint agus a hantaigin. Ach tugann k_a and k_d eolas faoi na cinéitici a bhaineann leis an idirghníomhú agus dá bhrí sin, cabhraíonn siad le tuiscint níos cruinne a fháil ar an idirghníomhú. Is féidir le roinnt teicníochtaí, cosúil le hanailís idirghníomhaithe bhithmhóilíneach, tomhais a dhéanamh trí shlí 'fíor-ama' agus dá bhrí sin, is féidir leo tairisigh chinéiteacha a ríomh, in áit an tairiseach cothromaíoch amháin [23]. Dá bhrí sin, tá anailísí chinéiteacha ag eirí i bhfad níos tabhachtaí i gcúrsaí imdhíonmheasúnachta agus go háirithe i gcúrsaí imdhíonbhraiteoracha.

1.2.5 Teicníochtaí chun antashubstaintí a dho-ghluaiseadh

Is macnamh fíor-thábhachtach do chumraíocht an bhraiteora é an slí ina dho-ghluaistear an bhithmhóilín le dromchla na trasduchtóra. Ní cheart gur laghdófaí an theicníocht a roghnaítear, finíocht na hantashubstainte dá hantaign. Más féidir, caithfidh go gcuirfí an teicníocht le cobhsaíocht na hantashubstainte, go háirithe má tá monatóireacht leanúnach i gceist. Ní mó nádúr an Ig atá le do-ghluaiseacht, an modh trasduchtáin agus nádúr an dhromchla soladach a chur san áireamh, nuair a roghnófaí an theicníocht. Tá roinnt nósanna bunaithe ann cheana féin, le haghaidh antashubstaintí a dho-ghluaiseacht, mar atá léirithe i bhFígiúr 1.4. Tá teicníochtaí bunaithe ar asúchán fisiceach, naisc chomhfhiúsacha, imoibrithe thrasnascacha, idirghníomhaithe bhithmhóilíneacha, gaisteacht agus einceapsúlacht mar aon leo.



Fígiúr 1.4: Teicníochtaí dho-ghluaiseacha a úsáidtear go minic le himdhíonbhraiteoirí; (A) asúchán fisiceach, (B) naisc chomhfhiúsacha, (C) úsáid a bhaint as oibreáin thrasnascacha, (D) idirghníomhaithe bhithmhóilíneacha, (E) gaisteacht agus (F) einceapsúlacht.

1.2.5.1 Asúchán fisiceach

Is é asúchán fisiceach an modh do-ghluaiseacht is simplí agus tá sé bunaithe ar an antashubstaint a chomhthiomsú le dromchla na trasdochtóra trí fhórsaí neamh-chomhfhiúsacha laige a chruthú ar nós idirghníomhaithe leictreastatacha, fórsaí van der Waals agus idirghníomhaithe hidreafóbacha [24]. De bharr cé chomh lag is atá na hidirghníomhaithe seo, d'fhéadfadh an antashubstaint díthiomsú ón dromchla de réir a chéile agus d'fhéadfadh gur leathfadh sé isteach i dtuaslagán an shampla. Tá sé seo thar a bheith soiléir nuair a chuirtear sampla ina shruth leis an dromchla, mar is gnáth le turgnaimh bunaithe ar anailís sreabh-insteallta. Os a choinne sin, cé go bhfuil an modh oibre chomh furasta sin, baintear úsáid as an gcóras do-ghluaiseach seo i gcórais nach bhfuil cobhsaíocht fad-téarmach riachtanach leo.

1.2.5.2 Idirghníomhaithe chomhfhiúsacha

Bíonn déanmhaíocht naisc cheimiceacha láidre idir an antashubstaint agus dromchla na leictreoidé i gceist le naisc chomhfhiúsacha. Míbhuntáistí a bhaineann leis na modhanna seo ná gur thógann siad a lán ama agus go mbíonn deacaireachtaí ag baint leo, go háirithe más gá díorthacht a dhéanamh ar an mbithmhóilín nó ar an trasduchtóir, chun feidhmghrúpaí a chruthú [25]. Chomh maith le sin, d'fhéadfadh go mbeadh imoibrithe chostasacha ag teastáil. Sampla den mhodh seo is ea cúpláil charbadaimíde, a úsáidtear go minic leis an gcóras BIAcore™, chun cúpláil a dhéanamh idir antashubstaintí agus sreanga dheastranacha ar dhromchla na trasduchtóra. Is iad modhanna eile chun cúpláil chomhfhiúsach a bhaint amach ná cúpláil trí úsáid a bhaint as cianigin bróimíde, cúpláil trí ghrúpaí aicile nó trí úsáid a bhaint as tiól. D'fhéadfadh mionathrú ceimiceach a bhaint amach ar scannáin pholaiméireacha atá ar dhromchla leictreoidí trí, mar shampla, comhpholaiméireacht a dhéanamh le haigéad aicrileach. Ar an dóigh sin, d'fhéadfaí dromchlaí a tháirgeadh a mbeadh oiriúnach le haghaidh do-ghluaiseacht próitéiní trí naisc chomhfhiúsacha a dhéanamh [26].

1.2.5.3 Oibreáin thrasnascacha

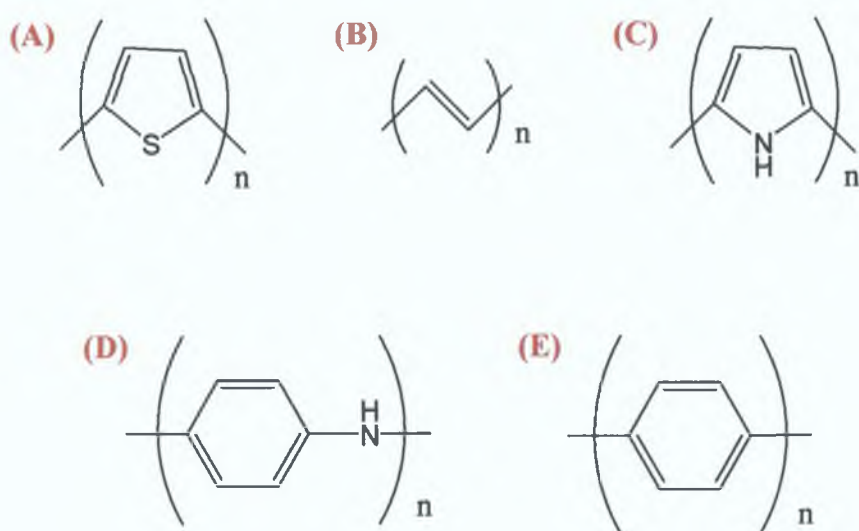
Séard is thrasnascadh ann ná naisc chomhfhíúsacha de antashubstaintí a dhéanamh i laitís nó máitrís agus/nó le dromchla na trasduchtóra. De gnáth, bainfear úsáid as oibreáin il-úsáideacha ar nós glútaraildéad nó heicsimeitiléin dhé-isicianáit chun do-ghluaiseacht mar seo a bhaint amach. Níl an nós imeachta féin deacair agus bíonn na naisc láidir idir na bithmhóilíní. Baintear úsáid as go forleathan chun cobhsaíocht a dhéanamh ar speiceis asúite. Cé go mbronann na hoibreáin seo cobhsaíocht níos airde ar na hantashubstaintí, d'fhéadfadh na cóireála cheimiceacha seo damáiste a dhéanamh do na hairí imdhíonacha agus d'fhéadfadh sí cur isteach ar a gcumas chun antaiginí a nascadh [27].

1.2.5.4 Idirghníomhaithe bhithmhóilíneacha

Mura ndéantar ullmhú chun treoshuíomh na hantashubstainte a hoptamú ar dhromchla na leictreoidé ionas go bhfuil sí nasctha tríd an réigiún Fc, d'fhéadfadh sí nasc a dhéanamh leis an taca soladach trí shlí randamach, a d'fhéadfadh íogaireacht an mheasúnachta a laghdú. Tá léirmheas déanta cheana féin ar thionchar treoshuíomh agus dhromchla-dhlúis na hantashubstaintí do-ghluaiste agus a mbloghanna [28]. Tá ceithre mhodhanna difriúla ar fáil le haghaidh cúpláil threoshuíomhach a bhaint amach; naisc a dhéanamh le gabhadóirí Fc, páirtnéirí eile a nascadh go struchtúir atá nasctha go comhfhíúsach leis an gcuid Fc den antashubstaint, cúpláil le taca soladach trí pháirt carbaihiodráite ar an roinn C_{H2} Fc agus nascadh bloghanna athchuingreacha le dromchla na leictreoidé trí ghrúpa sulfhaidrile ina réigiún c-críocha [29]. Is féidir imdhíonbhraiteoirí a bhaineann sochar as láidreas an idirghníomhú idir bitin agus abhaidín nó na próteíní A-G a chruthú freisin [30]. Mar shampla, is féidir brat comhfhíúsach d'abhaidín nó de streipteabhaidín a chur le dromchla an bhraiteora, a d'fhéadfadh antashubstaint nó antaigin bhitine a ghabháil [31]. Tugann na modhanna seo deis chun do-ghluaiseacht threoshuíomhach a bhaint amach, chun oibriú an bhraiteora a hoptamú. Ach tógann an próiseas seo a lán ama, mar ní mó réamhchlúdach d'antashubstaint nó d'antaigin a chur ar dhromchla na trasduchtóra.

1.2.5.5 Gaisteacht

Le córais ghaisteacha, coiméadtar an antashubstaint i laitís nó i gcnáimhlach pholaiméire chobhsaíoch, a fhéidir a tharraingt gar do dhromchla na trasduchtóra. B'iad na hoibreáin is coitianta a mbaintear úsáid astú ná polaicrilimíd, níolón, chomh maith le glóthacha stáirse agus shola, oibreáin a thugann níos mó cobhsaíocht don antashubstaint gan a finíocht a laghdú. Ach tá láisteáil ó na polaiméirí thíos le húsáid a bhaint as na hoibreáin seo agus chomh maith le sin, d'fhéadfadh siad oibriú mar bhach, a chuirfeadh am an fhreagra i moill. Sampla den nós seo is ea gaisteacht a dhéanamh ar bhithmhóilíní istigh i scannáin de pholaiméirí sheoltacha nó inslithe, mar shampla na polaiméirí atá léirithe i *bhFigiúr 1.5*.



Figiúr 1.5: Polaiméirí sheoltacha (A – D) agus inslithe (E) a úsáidtear go minic le bithbhraiteoirí; (A) polaitiaiféin (PTh), (B) polaicéitiléin, (C) polaipioról (Ppy), (D) polanailín (PANI) agus (E) polai(*p*-feiniléin).

Is féidir einsímí a chur isteach i líonraí pholaiméireacha fhásaithe, fad is atá an próiseas polaiméireach ag tarlú. Tá léirmheas déanta le déanaí ar chúrsaí gaisteacha mar seo [32]. Mar shampla, rinne Bartlett *et al.* do-ghluaiseacht ar ocsaíodáis ghlúcóis (ODG) agus feirea-fearóiciainíd i scannáin polai(*N*-meitilpioróil) [33]. Rinne

Eftekhari dé-chiseal trí chiseal polanailíne a chur le dromchla na leictreoidé agus ansin trí chiseal de pholanailín agus den einsím dihidrigionáis ghliocról a chur leis [34]. Ach d'fhéadfadh an mhonaiméir cur isteach ar ghníomhaíocht na heinsíme áfach [35]. Míbhuntáiste a bhaineann le teicnícíochtaí ghaisteacha ná go mbaineann treoshuíomh randamach leis an antashubstaint sa mhaitrís polaiméire agus dá bhrí sin, d'fhéadfaí í a bhacadh ón antaigin.

1.2.5.6 Einceapsúlacht

Tá gaol ó thaobh na bprionsabail de ag baint le modhanna do-ghluaiseacha einceapsúlachta agus gaisteacha. Ach sna cásanna seo, bíonn an antashubstaint gaiste taobh thiar de nó i measc támhchisil scannáin nó glóthacha, a choiméadann an antashubstaint cóngarach do dhromchla na trasduchtóra. D'fhéadfadh an scannán seo airí bhuan-roghnaíocha a thabhairt don chóras, trí shochar a bhaint as airí ar nós lucht, scagacht agus hidreafóbacht. Ní bhíonn sé seo ag teastáil i gcónaí áfach, cé gur oibríonn cisil mar seo mar bhac-chisil idirleathach uaireanta, a chuireann moill ar fhreagracht na leictreoidé. Baineadh triail as aiceatáit ceallalóis, polacarbonáit agus polaiteitreafluaitiléin (PTFE) mar ábhair scannáin cheana féin.

1.2.5.7 Modhanna do-ghluaiseacha nua

Cé go mbaintear úsáid as na modhanna do-ghluaiseacha traidisiúnta go forleathan fós, tá roinnt údair ag moladh modhanna úra chun do-ghluaiseacht a bhaint amach ar bithmhóilíní. In ionad iad a ghaistiú i scannáin pholaiméireacha fásaithe, is féidir bithmhóilíní a dhópáil ar scannán polaiméire a bhí polaiméirithe ar dhromchla na leictreoidé cheana féin. Is féidir próitéiní a cheangailt leis na scannáin seo le linn ocsaídiú nó dé-ocsaídiú an scannáin. Sa slí seo, ní raibh ar fhoshraitheanna idirleathú isteach agus amach as an maitrís pholaiméire, mar a tharlaíonn le córais pholaiméireacha ghaisteacha. Úsáidtear an próiseas seo go minic le braiteoirí bunaithe ar pholaiméirí sheoltacha [36].

Tá roinnt mhaith dul chun cinn déanta maidir le forbairt ar mhodhanna nua chun bithmhóilíní aitheantais a dho-ghluaiseacht trí mhodhanna gaisteacha nó le naisc

chomhfhiúsacha, go haonchisil fhéinchóimeálta (AFC) nó scannáin lipide dhéchisil (SLD). Is féidir trasnaisc a dhéanamh idir feidhmghrúpaí an t-AFC agus an roinn Fc den antashubstaint (sé sin, tríd an córas bitine/streipteabhaidíne [37]), cé gur chuireann féin-ordú an mhaitrís cosc ar eachtraí nascaithe neamh-speiceasacha. Maidir le taighde ar SLD, tá taighde dírithe le déanaí ar ullmhú SLD atá tacaíte go soladach trí chobhsaíocht mheicniúil, ionas gur féidir úsáid a bhaint astu i mbraiteoirí [38]. Forbraíodh dromchlaghníomhaithe shaorga, atá in ann structúir collóidigh níos cobhsaí a chruthú ná mar a cruthaíodh lipídí, le déanaí agus tá úsáid bainte astu in imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha, ina raibh an antashubstaint asúite le dromchla an dhéchisil [39].

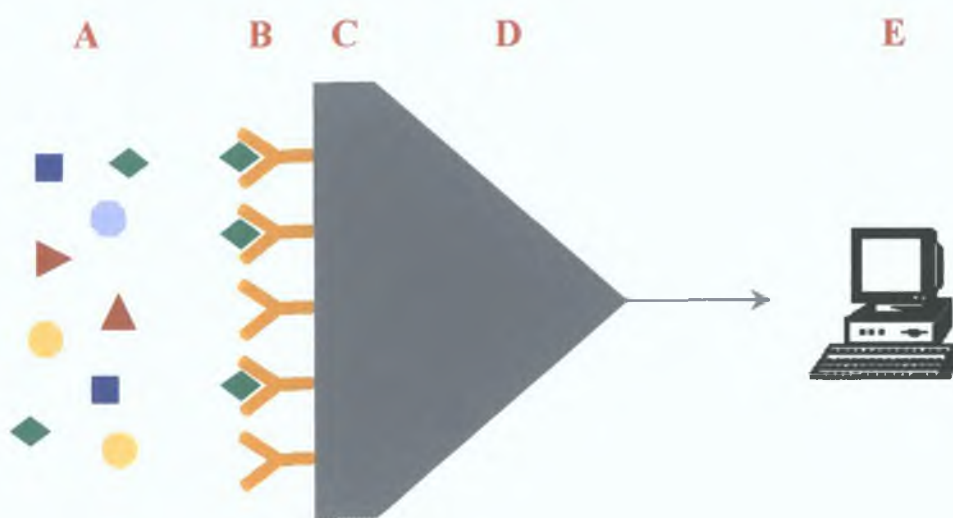
Le blianta anuas, tá aitheantas faighte ag nósanna a chuireann táirgeadh an bhraiteora agus na céimeanna dho-ghluaiseachta le chéile. Tá baint ag na próiseis seo le braiteoirí leictriceimiceacha amháin, go háirithe leictreoidí a tháirgeadh trí úsáid a bhaint as teicneolaíochtaí thiúscannáin. Is féidir meascán d'einsímí agus d'ábhair tháirgeadh leictreoidí a chur le chéile le haghaidh leictreoidí oibrithe a tháirgeadh in aon chéim amháin [40].

1.3 BRAITEOIRÍ LEICTRICEIMICEACHA

Deir Aontas Idirnáisiúnta de Cheimic Íne agus Fheidhmeach (IUPAC) gur “gléas gabhdóra-trasduchtóra iomlánaithe, atá in ann eolas anailíseach roghnaíoch nó leathchainníoch a chur ar fáil trí úsáid a bhaint as dúil aitheantais bhitheolaíocha” is ea an braiteoir [41]. Séard is cúis leis an trasduchtóir ná chun athrú fisiciceimiceach sa timpeallacht bhitheolaíoch a hathrú go comhartha leictreach cainníoch, a fhéidir a haimpliú, a scagadh, a thaife agus a thaispeáint. Is féidir raon de mhóilíní ghabhdóireacha a úsáid, mar shampla einsímí, lioganna fhiníocha (mar shampla leictín), gabhdóirí, cealla, orgánachaí, olaganúicléitídí, fíocháin nó antashubstaintí. Tugtar imdhíonbhraiteoirí ar bhraiteoirí atá bunaithe ar antashubstaintí. Tá cruth tipiciúil d'imdhiónbhraiteoir léirithe i *bhFigiúr 1.6*.

Is féidir bithbhraiteoirí a rangadh go ceithre chatagóirí maidir leis an modh trasduchtóra a úsáideann siad. Trasduchtóireacht optúil (fluaraiseach, lonrach,

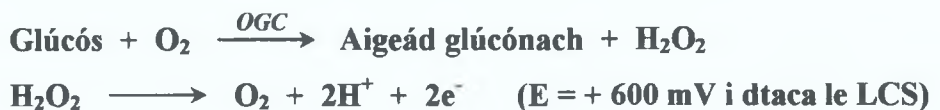
frithchaitheach, athshondas dromchla plasmanach, éilipsiméadrach agus tonntreorach), leictriceimiceach (aimpéarmhéadrach, poitéinsiméadrach agus seolmhéadrach), teirmeach (calraiméadrach) agus an ceann is íogaire, mais (písileictreach) is ea iad [42]. Moltar modh trasductóra nua le déanaí, a bhain úsáid as athruithe i mbrú mar phrionsabal an bhraith [43]. Úsáideann formhór na n-imdhíonbhraiteoirí, a bhfuil tuairiscí déanta orthu go dtí seo, córais bhratha optúla [44-52]. Ach is malairtí tharraingeacha iad teicníochtaí bhratha leictriceimiceacha. Níl na teicníochtaí seo ag brath ar thrédhearcacht optúil agus mar sin, is féidir úsáid a bhaint astu i meáin ildaite nó moirtiúla. Tá íogaireacht na hionstraim inchurtha le córais optúla freisin [53]. Maidir le trasductóireacht leictriceimiceach, is féidir leictreoidí shochaite shaora a tháirgeadh ar an mórchuid, trí úsáid a bhaint as teicneolaíochtaí thiúscannáin agus thanascannáin agus de dheasca sin, tá na córais bhraiteora seo oiriúnach do mhionadú agus do an-chuid fheidhmeanna [54]. Tá gléasanna leictriceimiceacha iniompartha ar fáil freisin [55].



Figiúr 1.6: Comhshuíomh an imdhíonbhraiteora: (A) sampla ina thimpeallacht; (B) dúil bitheolaíoch cosúil le hantashubstaint, a dhéanann imoibriú roghnaíoch lena hantaigin in (A); trasductóir a hathraíonn an imdhíonfhreagairt go comhartha leictreach; (D) ball leictreonach a bhfuil baint aige i bpróiseáil sonraí, mar aon leis an taispeántas (E).

Maidir le braiteoirí aimpearmhéadracha atá bunaithe ar aitheanatas bithchatalaíocha, tá trí ghlúin de bhraiteoirí ar fáil sa litríocht [56]:

1. Braiteoirí den chéad ghlúin: úsáidtear maolaire nádúrtha, mar shampla ocsaigin, nó táirge d'oimibriú einsímeach, mar shampla sárocsaíd hidrigineach, le haghaidh leictreoin a stiúradh idir láthair rédoicse na heinsíme agus dromchla na leictreoid. Rinne Clark agus Lyons an chéad chur síos ar bhraiteoir sa bhlian 1962 agus bhaineadar úsáid as ocsaigin mar mhaolaire, chun monatóireacht a dhéanamh ar ghlúcós ag leictreoid oibre phlatanamach [57]. Rinneadar tomhas ar aon laghdú sa mhéid ocsaigin nó ar aon mhéadú sa mhéid sárocsaíd hidrigineach a tháirgeadh, trí ghlúcós a hathrú go haigéad glúcónach, mar atá léirithe sna cothromóidí seo leanas:

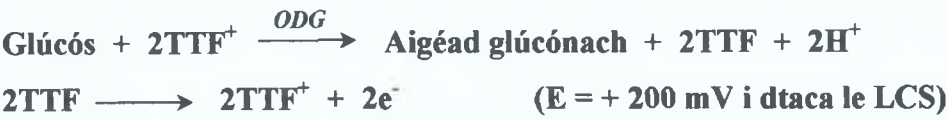


ina sheasann LCS don leictreoid chalmail shánaithe. Tá leictreoidí mar seo ag fulaingt as a mbronn ar ocsaigin nó pH agus ní féidir iad a úsáid ag poitéinsil ísle ach an oiread.

2. Braiteoirí den dhara glúin: úsáidtear maolairí shintéiseacha cosúil le fearóicéin [58], teitreatiafulbhailín (TTF) [59] agus na cuineoin [60] chun na leictreoin a stiúradh. Is móilíní rhédoicse le méachain mhóilíneacha ísle iad na maolairí seo, a dhéanann imoibriú agus athghineadh ar an einsím. Níl na braiteoirí seo ag brath ar ocsaigin nó pH agus dá bhrí sin, is féidir leo tomhais a dhéanamh ag poitéinsil níos ísle chun trasnaíochtaí ó imoibrithe leictriceimiceacha eile a laghdú. Ach fós bíonn maolaire intuaslagtha ag teastáil, atá in ann leathadh ó dhromchla na leictreoid isteach sa thuaslagán.

Is féidir cúpláil neamh-idirleathach den mhaolaire a bhaint amach trí thrí mhodhanna difriúla; tríd an maolaire a nascadh go comhfhiúsach leis an einsím [61], tríd an maolaire a ghasú le heinsím, nó trí bhithchoimpléasc a cruthú le polaiméir rédoicse le méachan móilíneach ard cosúil le coimpléisc oismiam, PPy nó PANI [62]. Chuir roinnt údair maolairí le heinsímí [61] nó le

cáithníní ghraifite, mar shampla sa bhraiteoir glúcóis a d'fhorbair Bilitewski, inar bhain sé úsáid as graifit nasctha le TTF [63]. Sa chás seo, lean na hidirghníomhaithe ag dromchla na leictreoid ar aghaidh, maidir leis na cothromóidí seo leanas:



Cuireann maolairí neamh-idirleathacha stad le láisteach an mhaolaire ó scannán an bhraiteora agus mar thoradh ar sin, méadaíonn siad ré an bhraiteora.

3. Braiteoirí den thríú glúin: coimeádtar an einsím i ndlúth-teagmháil le dromchla na leictreoid, ionas gur ghlacann an leictreoid páirt an maolaire chun na leictreoin a stiúradh go díreach idir láthair rédoicse na heinsíme agus an leictreoid.

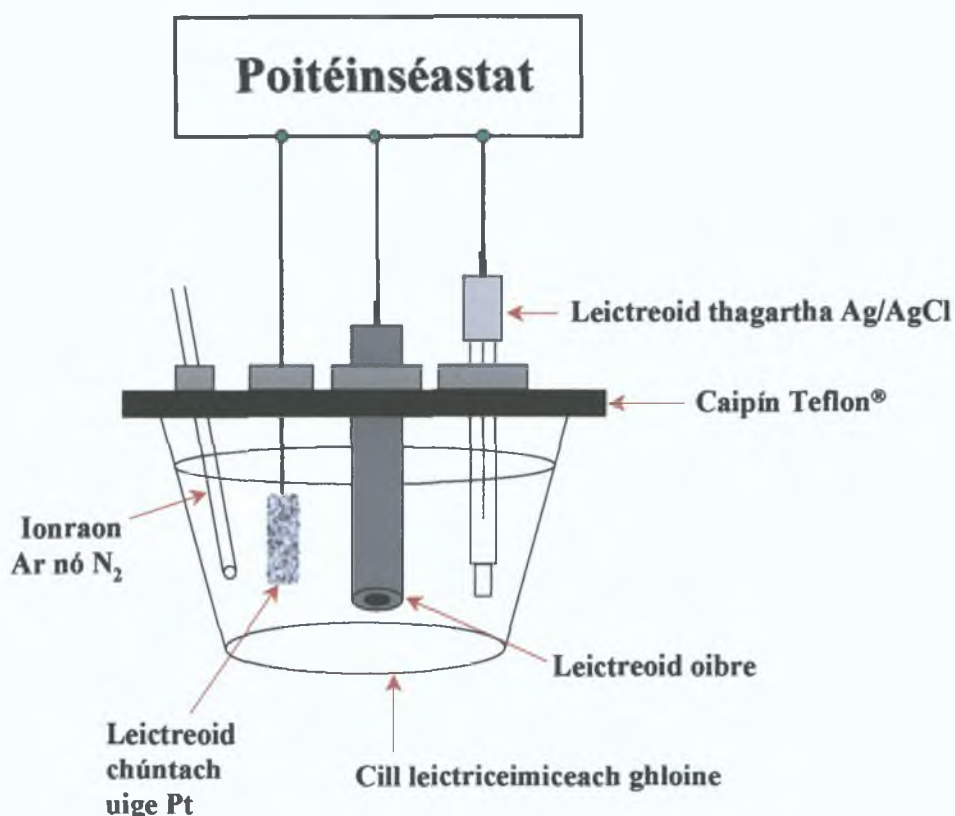
1.3.1 Na prionsabail leictriceimiceacha

Is féidir na modhanna trasduchtóra leictriceimiceacha a rangú de réir trí phrionsabail bhratha dhifriúla, sé siúd voltmhéadracht (mar aon le haimpéarmhéadracht), poitéinsiméadracht agus seolmhéadracht). Déanfar cur síos ar na prionsabail seo anois, i dtaca le himdhíonbhraiteoirí.

1.3.1.1 Voltmhéadracht

Is í voltmhéadracht ná teicníocht leictranailiseach atá bunaithe ar thomhas a dhéanamh ar shruth (i) de réir poitéinseal a chuirtear le leictreoid oibre i dtaca le leictreoid thagartha, cosúil le hairgead/clóiríd airgid (Ag/AgCl) nó LCS [64]. Baintear úsáid as leictreoid eile, sé sin leictreoid chúntach, chun sruthanna a iompar. De gnáth,

is leictreoid thriathmhíotail shimplí í (m.s. platanam), le dromchla-achar níos airde ná an leictreoid oibre. Tig le modhanna voltmhéadracha na comhdhúl i dtuaslagán gurbh fhéidir iad a hocsáidiú nó a dhé-ocsáidiú go leictriceimiceach, a bhrath. I ngníomh, cuirtear poitéinseal nó raon de photéinsil leis an sampla idir an leictreoid oibre agus an leictreoid thagartha agus déantar scan eatarthu thar raon faoi leith. Má shroichtear poitéinseal ina dhéantar ocsáidiú nó dé-ocsáidiú ar chomhbhall den thuaslagán, seolann sruth idir an leictreoid oibre agus an leictreoid chúntach, mar thoradh ar an athrú sin. Baintear úsáid as poitéinséasat chun poitéinseal na leictreoid oibre a choimeád i gcoinne poitéinseal tairiseach na leictreoid thagartha agus freisin, chun an sruth a thomhas ag an leictreoid oibre. Tá an t-ionstraimiú léirithe i bhFígiúr 1.7.



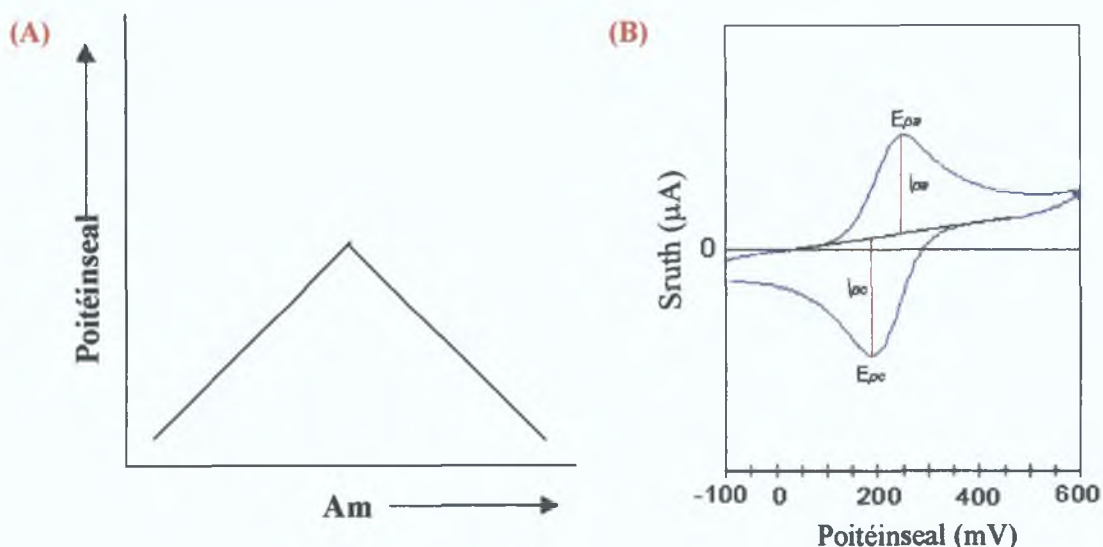
Fígiúr 1.7: Cill leictriceimiceach agus poitéinséastat le haghaidh gnáth turgnamh voltmhéadrach.

Tá raon de theicníochtaí a úsáideann comharthaí le sruth ailtéarnach (s.a.) nó sruth díreach (s.d.) ag baint le voltmhéadracht, mar aon le modhanna bunaithe ar

chúrsaí shnìogtha nó chéimithe. Le voltmhéadracht chioglach (VC), cuirtear scanach poitéinsil líneach a bhfuil tonnchruth triantánach ag baint leis, idir an leictreoid oibre agus an leictreoid chúntach. Ar dtús, déantar scanach thar raon de phoitéinsil faoi leith sa slí chun tosaigh agus díreach ina dhiaidh sin, déantar a mhalairt de scanach. Tá an tonnchruth agus an voltmhéadagram a bhfaightear ó phróiseas rédoicse inchúlaithe, léirithe i bhFigiúr 1.8. Tugann cothromóid Randles-Ševcik méid sruth na móine ar fáil do phróiseas ilchúlaithe ag 25 °C (ina sheasann i_{pa} or i_{pc} do na sruthanna anóideacha nó catóideacha, faoi seach) [64]:

$$i_p = 2.69 \times 10^5 n^{3/2} A D^{1/2} \nu^{1/2} C \quad [\text{Cothromóid 1.3}]$$

ina sheasann n don mhéid leictreoin atá malairthe sa phróiseas, A do dhromchla-achar na leictreoid (cm²), D don chomhéifeacht idirleata, ν don ráta scanta (V/s) agus C do thiúchán toirteach an chomhbhaill a bhfuil gníomhaíocht leictreach ag baint leis (mol/dm³). Nuair atá imoibriú ilchúlaithe i gceist, bíonn an deighilt idir na buaiceanna anóideacha (E_{pa}) agus catóideacha (E_{pc}) Nernstiach agus is í méid na deighilte ná 0.059/ n V. Ba cheart go mbeadh méid na sruthanna anóideacha (i_{pa}) agus catóideacha (i_{pc}) mar an gcéanna i gcóras ilchúlaithe freisin.



Figiúr 1.8: Tonnchruth floscacháin (A) agus an voltmhéadagram (B) a bhfaightear le córas ilchúlaithe tipiciúil.

I ngníomh, bíonn an deighilt idir na buaiceanna níos mó ná mar a bhaineann leis an gcóras idéalach seo, cé gurb í infhriotaíocht an chórais atá freagrach as an bpróiseas cuasai-chúlaithe seo. Nuair atá próisis dochúlaithe faoi fhiosrú, bíonn buaiceanna sa scanach chun tosaigh amháin. Is féidir VC a úsáid chun iompar leictreimiceach de speicis ag dromchla na leictreoidé a fhiosrú, mar aon le fiosrú a dhéanamh ar airí chomhéadanacha agus ar airí thoirte de hábhair atá istigh nó ar dhromchla leictreoidí [65]. Is í ceann de na teicníochtaí voltmhéadracha a úsáidtear go forleathan le haghaidh imdhíonbhraitheoracht leictreimiceach a bhaint amach, ná aimpéarmhéadracht.

1.3.1.2 Aimpéarmhéadracht

Le linn trasductóireacht aimpéarmhéadrach, cuirtear poitéinseal leictreach, atá leor le haghaidh ocsaídiú nó dé-ocsaídiú a bhaint amach ar an anailít faoi leith, idir na leictreoidí oibrithe agus tagartha agus tarlaíonn traschur leictreoin neamhsponáineach mar thoradh ar sin. Is féidir an sruth atá mar thoradh ar an idirghníomhú rédoicse seo a tharlaíonn ag dromchla na leictreoidé, a thomhas de réir ama. Nuair a bhaintear foistine amach (sé sin, nuair nach bhfuil an sruth ag brath ar am nó ar threo na scanaigh) is féidir sampla a chur leis an gciill leictreimiceach. Tarlaíonn céim sreatha mar thoradh ar an ngníomh seo agus tá méid na sreatha seo i gcomhréiteacht le tiúchán na hanailíte atá nasctha, má bhíonn iompair maise tairiseach sa thuaslagán. Tá an sruth sreatha socraithe ag an gcothromóid Cottrell:

$$i = \frac{nFAD^{1/2}C}{\pi^{1/2}t^{1/2}} \quad [\text{Cothromóid 1.4}]$$

ina sheasann n , A , D and C mar is gnáth, F do Thairiseach Faraday agus t don am.

Tá buntáistí cosúil le híogaireacht ard agus spléachas atá líneach ar thiúchan ag baint le braiteoirí aimpéarmhéadracha. Ní mó d'imdhíonbhraiteoirí a úsáideann modhanna trasductóra aimpéarmhéadracha lipéad einsíme a chur le ceann de na pairtnéirí nasctha. De dheasca sin, is braiteoirí indíreacha iad imdhíonbhraiteoirí aimpéarmhéadracha agus is beag imdhíonbhraiteoir aimpéarmhéadrach díreach a bhfuil tuairisc déanta air [66].

1.3.1.3 Poitéinsiméadracht

Ní bhíonn gach anailít oiriúnach d'anailís le heinsímí rhédoicse agus scéimeanna traschuir leictreoin. Le tomhais photéinsiméadracha, déantar brath ar an difríocht sa phoitéinseal a ghintear idir leictreoid oibre agus leictreoid thagartha nuair nach bhfuil sruth ag sreatha, de bharr eachtra nasctha idir antashubstaint agus antaigin a tharlaíonn ar dhromchla na leictreoid oibre. Tá poitéinseal na leictreoid, E , i gcoibhneasta go logartamach le tiúchan na comhdhúile, mar aon leis an gcothromóid súd-Neirnsteach:

$$E = E^{\circ} + (RT/zF) \log a_i \quad [\text{Cothromóid 1.5}]$$

ina sheasann E° do phoitéinseal caighdeánach na leictreoid, R don ghásthairiseach uilíoch ($8.314 \text{ J.K}^{-1}/\text{mol}$), T don dhearbhteocht (K), agus z agus a_i do lucht agus ghníomhaíocht na hanailíte atá faoi scrúdú. Baineann an ghníomhaíocht seo le tiúchan maidir leis an gcothromóid seo leanas:

$$a_i = f_i c_i \quad [\text{Cothromóid 1.6}]$$

ina sheasann f_i don chomhéifeacht gníomhach agus c_i do thuaslagán na comhdhúile. Tá glanluchtanna leictreacha ag baint le hantashubstaintí agus le hantaiginí nuair atá siad i dtimpeallachtaí uiscithe. Bíonn glanlucht an choimpléisc antashubstainte-antaigine difriúil ná lucht na hantashubstainte amháin áfach [67]. Dá bhrí sin, trí athruithe sa phoitéinseal atá mar thoradh ar an imoibriú seo, nó athruithe sa lucht ag dromchla na leictreoid a thomhas, d'fhéadfaí an eachtra nasctha a bhrath trí mhodh cáinníoch.

Baineann imdhíonbhraiteoirí phoitéinsiméadracha úsáid as an prionsabal coitianta gur tharlaíonn athruithe sa phoitéinseal leictreach nuair a athraítear luchtanna dromchlacha tar éis an imdhíonchoimpléisc a chruthú. De dheasca sin, is imdhíonmheasúnachtaí gan lipéid iad agus tá trí short de himdhíonbhraiteoirí phoitéinsiméadracha ar fáil [56]. Déanann an chéad cheann tomhas ar aon athrú sa phoitéinseal thar scannán braiteora, atá clúdaithe le brat d'antashubstaintí, nuair a nascann an anailít leis. Cruthaíodh an chéad imdhíonbhraiteoir sa bhliain 1975 agus

bhí sé bunaithe ar an gcóras seo [68]. Bíonn an braiteoir seo ag fulaingt as léibhéil airde de naisc neamh-speiciseacha áfach, chomh maith le híogaireacht íseal. Sa dhara chineál d'imdhíonbhraiteoir poitéinsiméadrach, déantar tomhais ar athruithe i bpoitéinseal na leictreoidé i ndiaidh an eachtra nasctha a tharlaíonn ar an leictreoid, de bharr athruithe sa lucht dromchlach a bhfuil gaol aige le tiúchan na hanailíte [67]. Sa dhá chás seo, tá méid na hathruithe sa phoitéinseal ag brath ar chomhshuíomh éine na maitrise. Faoi dheireadh, cé gur tharlaíonn athruithe sa thiúchan H^+ in éineacht le himoibrithe einsimíne, is féidir córas braiteora eile a bhaint amach trí úsáid a bhaint as na hathruithe pH seo. Brathann an triú cruth ar athruithe mar seo sa phoitéinseal ag geata de thrasraitheoir iarmharta réimse (TIR) atá clúdaithe le scannán d'antashubstaintí. Athraíonn an poitéinseal ag dromchla na TIR maidir leis an tiúchan antaigine atá sa thuaslagán. Buntáiste a bhaineann leis na gléasanna TIR seo ná, de dheasca cé chomh lú is atá siad, tá siad oiriúnach do fheidhmeanna meidiciúla agus do chórais eile ina bhfuil méideanna bheaga de shamplaí oiriúnach dóibh [69].

Deirtear gur fearr modhanna aimpéarmhéadracha a úsáid má tá gnáth-anailís i gceist [42]. D'ainneoin go bhfuil modhanna poitéinsiméadracha níos simplí agus go bhfuil siad in ann brathanna díreacha a bhaint amach, bíonn gaol logartamach in ionad gaol díreach idir an sruth agus an thiúchan ag baint leo. Chomh maith le sin, tá freagairtí níos moille ag baint le modhanna poitéinsiméadracha i gcomparáid le modhanna aimpéarmhéadracha agus tá siad tugtha le trasnaíochtaí ó hiana eile sa thuaslagán [70]. Tá cumadóireacht na ngléasanna TIR níos costasaí ná braiteoirí aimpéarmhéadracha freisin, mar a thaispeánfar i Mír 1.3.2.4.

1.3.1.4 Seoltmhéadracht

Nuair a chuirtear sruth s.a. nó s.d. idir beirt leictreoidí thriathmhíotalacha, a bhfuil an dá ceann acu clúdaithe le hantashubstaintí agus iad sáite i dtuaslagán, athraíonn an sruth atá faoi thomhas (sé sin, seoltmhéadracht). Is athrú einsíme ar dhúil éine sa thuaslagán is cúis leis an athrú seo, mar shampla athrú ó chomhdhúil neodrach go táirge luchtach. Athraíonn táirgeadh nó caitheamh na dúile éine seo seoltacht leictreach an thuaslagáin. Is fearr s.a. in ionad s.d. a úsáid, cé gur tharlaíonn luchtáil ag an gciseal dubailte agus próisis fharaidéacha mhíbhuntáisteacha le s.d. Tá dhá chinéal d'imdhíonbhraiteoirí sheoltmhéadracha ar fáil:

1. Braiteoirí dhéchisil: Bíonn an antashubstaint do-ghluaiste istigh i scannán lipide déchisealach agus nuair a nascann antaigin léi, athraíonn an sruth. Tá braiteoirí mar seo ag fulaingt as éagobhsaíochtaí mheicniúla áfach [71].
2. Ceimifhriotóirí: Bíonn an antashubstaint do-ghluaiste le polaiméir leictriseoltach dhópailte, a athraíonn a sheoltacht leictreach i ndiaidh an eachtra nasctha [72].

Míbhuntáiste a bhaineann le himdhíonbhraiteoirí sheoltmhéadracha ná go mbíonn fadhbanna neamh-speiciseacha ag baint leo, de bharr go mbrathann friotaíocht an thuaslagáin ar thaisteal na héine uilig atá i láthair. Dá bhrí sin, i maitrís casta cosúil le sampla bitheolaíocha, d'fhéadfadh an fuinneamh éine airde a bhaineann leis an maitrís bac a chur ar an tseoltacht íseal ón imdhíonoibriú.

1.3.2 Forbairtí ar leictreoidí oibrithe voltmhéadracha

Is foinse nó doirteal do leictreoin chun malairt a dhéanamh orthu le hábhair sa rhéigiún comhéadanach (an tuaslagán a bhfuil taobh le dromchla na leictreoid) í an leictreoid oibre agus dá bhrí sin, caithfeadh go mbeadh sí oiriúnach do sheoltacht leictreonach. Caithfeadh go mbeadh an leictreoid támh ó thaobh na leictriceimice de chomh maith (sé sin, nach ghineadh sí sruth mar fhreagra ar phoitéinseal feidhmiúl) thar raon leathan de phoitéinsil (an fhuinneog phoitéinsil). B'iad na leictreoidí oibrithe is coitianta a úsáidtear ná leictreoidí phlatanaim, óra, mhearcair (a úsáidtear le turgnaimh pholargrafaíocha) agus roinnt mhaith foirmeacha carbóin. Brathann an ábhar a úsáidtear ar an bhfuinneog phoitéinsil atá ag teastáil (m.s. is féidir mearcair a úsáid ag poitéinsil dhiúltacha amháin, de bharr an ocsaídiú a tharlaíonn ag poitéinsil níos airde ná seo), chomh maith leis an ráta traschuir leictreoin (m.s. d'fhéadfadh go mbeadh tionchar ag cinéitici thraschuir leictreoin ar an inchúlaitheachas a bhaineadh le hiompar rédoicse an chórais atá faoi scrúdú). Nuair a bhaintear úsáid as córais atá

bunaithe ar chaitheamh H_2O_2 nó O_2 , bíonn freagairtí chatalaíocha níos fearr ag na leictreoidí phlatanaim, cé go laghdaíonn siad na forphoitéinsil a bhíonn ag teastáil chun iad a bhrath go hanóideach [73]. Nuair a rinne Kaláb agus Skládál comparáid idir leictreoidí scáthlán-priontáilte a chum siad as platanam, ór agus graifit, fuair siad amach gur thóg na braiteoirí phlatanaim níos mó am ná na braiteoirí eile chun na sruthanna cúlracha a chobhsú i dturgnaimh aimpéarmhéadracha agus gur bhain na leictreoidí ghraifite na tomhais is íogaire amach [74]. Is gléasanna neamh-chostasacha iad leictreoidí charbóin i gcomparáid leis na leictreoidí phlatanaim freisin. Maidir leis an léirmheas seo, bainfidh an chuid eile den chur síos le leictreoidí charbóin.

1.3.2.1 Leictreoidí charbóin ghloineacha

Is foirm chrua, dhímhorfach de charbón í carbón gloineach nó carbón gloiní agus tá sí níos buaine go meicniúil ná na foirmeanna eile. Deirtear go bhfuil carbón nasctha go tríogánach agus go teitrihídreach i ribíní aramatacha achrannaithe, atá trasnasctha ag naisc an-leonta charbóine-charbóine, i gcarbón gloineach [75]. Tá roinnt modhanna réamhchóireála ar fáil chun an dhromchla a ghníomhú agus chun na hairí thraschuir leictreoin de na leictreoidí charbóin ghloineacha (LCG) agus de leictreoidí sholadacha eile, a fheabhsú. Ansin, chuirfí feabhas ar an roghnaíocht a bhaineann le dhromchla na leictreoidí chomh maith. Samplaí de na modhanna réamhchóireála ná snasán a dhéanamh le caithníní dhiamanta nó alúmamacha, gníomhachtú leictriceimiceach (m.s. ocsaídiú agus dí-ocsaídiú de dhromchla na leictreoidí), gníomhachtú ceimiceach, teicníochtaí fholústheasa agus réamhchóireáil leárasacha. Tá léirmheas déanta ar na teicníochtaí seo cheana féin [76]. Le déanaí, tá córais réamhchóireála leictriceimiceacha ag eirí níos coitianta ná córais cheimiceacha, cé go bhfuil siad in ann cisil éighníomhaithe a bhaint de dhromchla na leictreoidí. Baineann siad é sin amach mar shampla, trí chiorclacht poitéinsiúil a dhéanamh idir poitéinsil mhóra dheimneacha agus dhiúltacha, nó trí ocsaídiú agus dé-ocsaídiú a dhéanamh ar dhromchla na leictreoidí i maitrís oiriúnach, de ghnáth, aigéad mianrach láidir nó tuaslagán neodrach maolánta. De rogha air sin, is féidir an leictreoid a phólarú ag buanphoitéinseal nó buanshruth, chun dhromchla ocsaídithe nó dé-ocsaídithe a ghineadh. Trí ocsaídiú a dhéanamh ar leictreoidí charbóin, is féidir raon de fheidhmghrúpaí a ghineadh ar dhromchla na leictreoidí, mar shampla cuineoin,

carbóinilí, feanóil agus carbocsailí. D'fhéadfadh go mbeadh airí bhuntáisteacha ag baint leis na feidhmghrúpaí seo, maidir le gníomhaíocht leictriceimiceach na leictreoidé a mheadú [77].

1.3.2.2 Leictreoidí ghraifite phiriúlacha

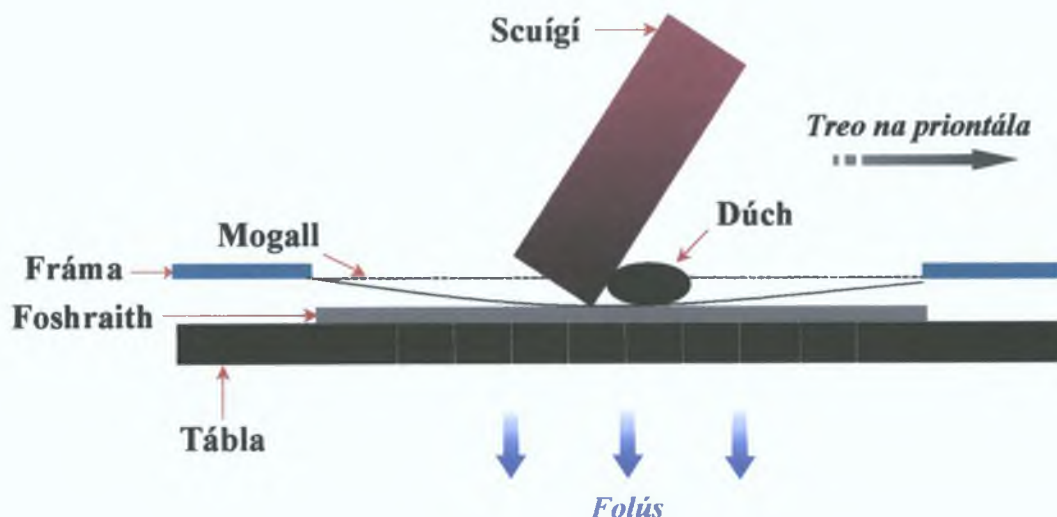
Cé go bhfuil foirm gloineach de charbón ag baint le leictreoidí charbóin ghloineacha, tá struchtúr níos ordúla ag baint le graifit phiriúlach, le dhá phlána faoi leith inti – plána bunúsach agus plána grua. Tá an plána grua i bhfad níos seoltaí ná an plána bunúsach. Tá an-hidreafóbacht ag baint le plána grua na leictreoidé agus níl aon fheidhmghrúpaí ag baint leis. Ach is féidir mionathruithe a bhaint amach trí asúchán a dhéanamh de haonadaí ilaramatacha. Mar aon le leictreoidí charbóin ghloineacha, tá feidhmghrúpaí éagsúla ag baint leis an bplána bunúsach den leictreoid ghraifite phiriúlach (cé nach bhfuil an méid céanna ag baint leis) agus is féidir mionathruithe a dhéanamh air trí mhodhanna cosúlacha [78].

1.3.2.3 Leictreoidí thaois charbóine

Is leictreoid chomhábharach í an leictreoid thaois charbóin, a cruthfar trí phúdar graifite seoltach a mheascadh le hábhar nasctha táimhe cosúil le hola pairifin, bealadh sileacóin nó ola mianrach. Measctar an cumasc seo le chéile ionas gur féidir é a chomhbhrú go coimeáil leictreoidé. Tá úsáid bainte as leictreoidí mar seo i réimsí cheimicí leictranailíseacha le daichead bliain anuas. Is féidir raon fairsing de bhreiseáin a chur leis na taois, chun na himoibrithe bhithcheimiceacha agus leictriceimiceacha a fheabhsú, mar aon leis an oibriú leictranailíseach de na braiteoirí taois carbóin. Tá na braiteoirí seo neamh-chostasach, le fuinneoga phoitéinsil leathana agus sruthanna iarmharacha beaga ag baint leo. Is éasca iad a ullmhú agus a hathnú freisin [79].

1.3.2.4 Leictreoidí scáthlán-priontáilte

Cé go mbaintear úsáid as scáthlán-priontáil, nó seirigreafaíocht (tarraingt síoda) i gcruthú Mór-Mhúr na Síne agus chun éadaigh patrúnaithe a tháirgeadh sa Shean-Éigipt, suas go dtí lár an fichiú haois, úsáideadh é don chuid is mó sna tionscadail pháipéir agus cló, áiteanna ina mheastar gurb é an próiseas priontáilte is iléirimiúla [80]. Ó shin amach, tá úsáid bainte as go forleathan le táirgeadh boird chiorcaide don tionscadal micrileictreonach [81]. Le linn na fiche mbliana atá thart, tá tagairtí imithe i méid sa litríocht faoi bhraiteoirí a chumadh leis an teicníocht seo agus fuarthas amach gurb é scáthlán-priontáil réiteach oiriúnach chun olltáirgeadh a dhéanamh ar ghléasanna leictreoidí shochoaite [82-86]. Ó thaobh na tráchtála de, d'éirigh leo mar bhraiteoirí aon-úsáideacha do ghlúcós [87]. Tá scéimreacht den phróiseas priontáilte léirithe i *bhFigiúr 1.9*.



Figiúr 1.9: An próiseas scáthlán-priontála. Tá an scáthlán féin comhdhéanta as mogall síogach, sintéiseach nó cruach, atá fite agus sínte go dlúth agus a chuireadh le fráma. Bíonn piocháin an mhogaill blocáilte in áiteanna neamh-íomháú agus fágtha ar oscailt sna áiteanna ina dhéanfar aistriú ar an íomhá. Tugtar stionsal ar seo. Úsáidtear scuigí rubair nó miotal chun dúch a thiomáint thar an scáthlán ag luas agus brú socraithe. Sa slí sin, aistríodh an íomhá chuig an bhfoshraith, a choimeádtar faoin tábla í le folús.

Is féidir plaistigh sholúbtha ar nós poileitiléin theireatálach (PET) nó polaiviniolclóiríd (PVC), nó ábhair chriadóireacha ar nós ocsaíd alúmanaim nó gloine, a úsáid mar fhoshraitheanna. Nuair a bhíonn an dúch priontáilte, athraítear é ón staid sreabhach go staid soladach cobhsaí, trí chórais leasuithe fhisiceacha (galúcháin, asúcháin) nó ceimiceacha (radaíochán, ocsaídiú, polaiméiriú) a úsáid [88]. Ní mó céim tine a úsáid nuair a bhaintear úsáid as ábhair chriadóireachta, cé go mbíonn teochtaí ó 500 go 1000 °C ag teastáil le haghaidh an leasú, mar bhíonn na ceanglóirí sna dúigh seo bunaithe ar ghloine. Tá foirmliú na ndúigh seo dilseánaithe, ach is fios go mbíonn an comhdhúil ghníomhach (m.s. graifit) ar a laghad iontu, chomh maith le ceanglóir polaiméireach chun na caithníní a nascadh le chéile, tuaslagóir orgánach chun sreabhacht an dúigh a mhéadú agus breiseáin eile don phróiseas priontáilte (m.s. dathadóirí, síndeoirí) [89].

Is é ceann de na buntáistí is mó a bhaineann le scáthlán-priontáil ná an iléirimiúlacht agus an fholúthacht a bhaineann leis an teicníocht agus is beag am a imíonn thart tar éis an scáthlán a dhearcadh agus na leictreoidí a tháirgeadh. Is gléasanna sochaite iad na leictreoidí seo agus is féidir iad a chur le mionchealla in ionad leictreoidí agus cealla thoirteacha a úsáid, cé go mbíonn córais mhíbhuntáisteacha láimhseáil agus ghlaine ag baint leo siúd. Trí chealla leictriceimiceacha le toirteanna níos lú a úsáid, d'fhéadfaí tomhais a dhéanamh ar thoirteanna samplacha níos lú freisin agus de dheasca sin, ní gá méideanna mhóra d'antashubstaintí chostasacha a úsáid. Is féidir beagán a dhéanamh den chóras, tríd na leictreoidí oibrithe, thagartha agus chúntacha a chur ar aon fhoshraith amháin [30, 73, 89]. Is féidir il-leictreoidí a dhearcadh chun roinnt anailítí a bhrath in aon shampla amháin nó de rogha air sin, chun monatóireacht a dhéanamh ar roinnt samplaí chun aon anailít amháin a bhrath iontu [90-92]. D'fhéadfaí tomhais a dhéanamh ar roinnt tuaslagáin chaighdeánacha nó bánacha leis na córais seo freisin, chun tionchair ón maitrís chúlra nó ó mhalairtí thimpeallachta (m.s. comhathruithe teochta) a cheartú. Mar a léiríodh cheana féin (Mír 1.2.5.7), tá mionathruithe déanta ag roinnt údair ar roinnt dúigh seo chun cáithníní ar nós einsímí nó seoilítí a chur leo [93-95]. Sa slí seo, d'fhéadfaí braiteoir iomlán a tháirgeadh in aon chéim amháin leis an teicníocht seo.

D'ainneoinn a mbuntáistí, d'adhmaigh roinnt údair go bhfuil fadhbanna atáirgeacha ag baint le leictreoidí scáthlán-priontáilte (LSP) [96]. Cé go bhfuil an méid de charbón teoranta sna dúigh a úsáidtear i scáthlán-priontáil, d'fhéadfadh sé seo

feidhmeanna leictreanailiseacha an leictreoid phriontáilte a chur i gcontúirt. Bíonn difríochtaí idir feidhmeanna leictreoidí a tháirgítear le dúigh difriúla agus mar sin de, ní mó smaoineamh ar fheidhm na leictreoidé nuair a roghnaítear an dúch [97]. Chun na hairí thraschuir leictreoidé a fheabsú, bhain roinnt údair úsáid as teicnícíochtaí réamhchóireála [96, 98]. Nuair a rinne Pravda *et al.* snas ar a gcuid leictreoidí le páipeár oifige, bhí siad in ann níos mó IgG coiníne a hasú le leictreoidí charbóin scáthlán-priontáilte [98]. Bhain Wang *et al.* úsáid as modh réamhanóidiú le poitéinsil ocsaídiú airde (+1.5 go + 2V) a chur lena leictreoidí charbóin scáthlán-priontáilte ar feadh tréimhsí ghearra (dhá nóiméad), próiseas a chuir feabhas ar chinéitici thraschuir leictreoidé [96]. Ina dhiaidh sin, fuair DuVall agus McCreery amach gur chuir an céim réamhanóidiú seo ciseal coscaireach le dromchla leictreoid charbóin ghloineach, a chuaigh i bhfeidhm ar chinéitici thraschuir leictreoidé den chúpla rédoicse fearóiciainíd [99]. D'fhéadfaí an ciseal coscaireach seo a bhaint den leictreoid trí úsáid a bhaint as céim catóidiú. Thug Wang *et al.* iompar difriúil faoi deara ag dromchla a leictreoidí thaois-charbóine ghloineacha, mar bhaineadar na cinéitici thraschuir leictreoidé is fearr amach trí réamhanóidiú a dhéanamh ar dhromchla na leictreoidé [100]. Dúirt siad gur bhaineadh ciseal leacht-taois de na cáithníní charbóine agus go raibh sé seo chúis leis.

1.3.2.4 Ábhair charbóin nua

Forbraíodh an leictreoid thaos-charbóin ghloineach a thugtar cuntas uirthi sa mhír dheireaneach, trí mhicreacháithníní charbóin ghloineacha a meascadh le leacht taois orgánach [100]. Tá imoibriú leictriceimiceach ard, fuinneoga phoitéinsiúla leathain, sruthanna cúlra ísle, ullmhúchán furasta agus neamh-chostais ag baint leis na leictreoidí nua seo. D'éiligh na húdair gurb é seo an chéad uair a úsáideadh dúch mar seo chun ábhar leictreoidé a ullmhú. Ach bhain Seddon *et al.* úsáid as na prionsabail chéanna ceithre bhlian roimhe sin, nuair a d'ullmhaigh siad leictreoidí thiúscannáine le dúch tráchtála ina raibh micreasféaranna de charbóin ghloineacha ann [101].

Sna blianta deirneacha seo, tá mionscrúdaithe á dhéanamh ar ábhair charbóin nua ar nós carbón scagach, nanaifeadánacha carbóin agus fullairéiní mar leictreoidí oibrithe. Tá comparáid agus codarsnacht déanta eatarthu i gcór na feidhmeanna seo agus deirtear go raibh an cosúlacht is fearr ag baint le carbón méiseascagach. Bhí na

nanaifeadánacha agus na fullairéiní níos oiriúnaí mar mhaolairí leictreon nó mar mhaitriseanna asúchána [102].

1.4 IMDHÍONBHRAITEOIRÍ LEICTRICEIMICEACHA

Freastlaíonn gléasanna leictriceimiceacha do mhonatóireacht glúcóis baile ar son an 1-2% den phobal daonra atá ag fulaingt as diaibéiteas. Taispeánann na bithbhraiteoirí einsíme seo gur féidir eolas atá taitneamhach go cliniúil a ghineadh le gléasanna láimhe neamhchostasacha simplí. De dheasca an raon fairsing d'antaiginí a d'fhéadfaí a bhrath, tá áit bainte amach ag imdhíonbhraiteoirí i réimsí eile de fháithmheais chliniciúla, chomh maith le monatóireacht timpeallachta, anailís ar bhia, monatóireacht ar shaothrúcháin chealla agus i gcúrsaí mhíleatacha. Thug léirmheas ar bhraiteoirí leictriceimiceach a fhoilsíodh le déanaí, cuntas ar dhá fhorbairt déag de na forbairtí is déanaí i réimsí anailíse [103]. Tugann an mír seo leanas cur síos ar imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha thimpeallachta a thugtar cúntais orthu le déanaí sa litríocht. Má bhí comparáid déanta idir oibriú na himdhíonbhraiteora agus teicníochtaí analaiticiúla aitheanta, tá cur síos déanta faoin gcomparáid seo freisin.

1.4.1 Imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha d'anailís timpeallachta

Tá an tionscal talamhaíochta ag brath go trom ar lotnaidicídí chun stop a chur le leathadh lustain, feithidí agus fungais, nó gur chuireadh siad isteach ar tháirgeadh barraí. Ach tá daoine agus rialtais ar fud an domhain buartha faoin méid truailliú a tharlaíonn de bharr an iomarca lotnaidicídí a úsáid. Cé gurb iad teicníochtaí chromatagrafaíochta na córais thagartha i gcór anailís thimpeallachta faoi láthair (80/778/EEC, 1980), níl siad oiriúnach chun monatóireacht a dhéanamh ar an láthair agus is minic a bhíonn réamhchóireáil ar na samplaí ag teastáil. Tógann na córais seo an-chuid am chun iad a bhaint amach agus tá siad costasach chomh maith. Tá imdhíonmheasúnaigh thraidisiúnta in ann teorainn bratha a bhaint amach le haghaidh

anailís timpeallachta, ach ní mó na hanailísí seo a dhéanamh taobh istigh den shaotharlann. Tugann imdhíonbhraiteoirí, go háirithe imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha, réiteach indéanta ar fáil chun anailís neamhchostasach, furasta a bhaint amach ar an láthair. Tá brathanna leictriceimiceacha de lotnaidicídí le braiteoirí leictriceimiceacha coitianta, trí thomhais a dhéanamh ar ghníomhaíocht na heinsíme (sé sin, staidéar ar choisc einsíme). Tá léirmheas déanta ar bhraiteoirí mar seo cheana féin [104]. Ach cé go mbíonn lotnaidicídí áirithe an-chosúil lena chéile ó thaobh modh na gníomhaíochtaí de, tá roghnaíocht an bhraiteora seo teoranta de bharr traisimoibriú. Tá an t-idirghníomhú idir an antaigin agus an antashubstaint i bhfad bhfad níos sonrachai agus d'fhéadfaí a rá, níos oiriúnaí le haghaidh na hanailíse seo. Le blianta beaga anuas, tá níos mó tuairiscí ar fáil sa litríocht faoi imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha le haghaidh monatóireacht timpeallachta [105-106].

D'fhorbair Keay agus McNeil imdhíonbhraiteoir gan deighilt a bhí bunaithe ar leictreoid thaos charbóin scáthlán-priontáilte, ina raibh scannán mionathruithe le SRF agus antashubstaintí d'atrasín curtha léi [107]. Trí imdhíonmheasúnacht iomaíocha a dhéanamh, athraíodh glúcós go glúcónalachtón agus H_2O_2 (úsáideadh lipéad ODG), a rinneadh brath uirthi trí dhé-ocsaidiú einsíme ar SRF i bhformáid easa einsíme. Rinne einsím cataláise dé-ocsaidiú nó cartú ar aon H_2O_2 a ghineadh sa thuaslagán toirte. Bhaineadar teorainn bratha de 0.1 csm (codanna sa mhilliún) amach d'atrasín. D'fhorbair Kaláb and Skládal imdhíonbhraiteoir aimpéarmhéadrach don luibhicíd 2,4-déchlóirfeinocsaí aigéad aicíteach (2,4-D) [74]. Bhí an lotnaidicíd do-ghluaiste le dromchla leictreoid óir scáthlán-priontáilte agus baineadh imdhíonmheasúnacht iomaíoch amach idir 2,4-D saoire agus mAb le lipéad sárocsaídáise. Bhí meascán de H_2O_2 agus hidreacuineon (HC) sa thuaslagán fhosraithe. Ghintear an beinseacuineon (BC) carntha trí mhodh aimpéarmhéadrach, maidir leis na cothromóidí seo leanas.



Baineadh teorainn bratha gar do 0.1 csm amach d'atrasín, ach thóg sé uair a chloig chun an brath seo a dhéanamh.

D'úsáid Dzantiev *et al.* cruth measúnach cosúil leis an gceann a d'úsáid Kaláb agus Skládal, chun a n-imdhíonbhraiteoirí do 2,4-D agus 2,4,5-trichlóirfeinocsaí aigéad aicíteach (2,4,5-T) a fhorbairt [108]. Ach ba é brath poitéinsiméadrach a úsáid

siad chun athruithe sa phoitéinseal rédoicse a thomhas le linn ocsaídiú na bhfoshraithe (5-aimíniaigéad salaicicleach agus H_2O_2), ag lipéad einsíme sárocsadáise. Bhaineadar teorainn brathacha de 40 csm agus 50 csm amach. Ba é córas iomaíoch a bhain Vianello *et al.* úsáid as lena gcóras bunaithe ar anailís shreabh-insteallta (ASI) chun atraisín a bhrath [109]. Bhí an t-imdhíonmheasúnacht bunaithe ar bhrathanna aimpéarmhéadracha ar HC, a ghineadh ón imoibriú idir an fhoshraith *p*-hidreacuineon fosfaite agus antaigin le lipéad fosfatáis alcaileach (FA). Trí bhíoga d'atrasín a sheoladh trí mhicreacholún le hantashubstaintí d'atrasín do-ghluaiste leis, tharla dílathrú ar atraisín le lipéad AP, i bhfabhar an anailít saoire. De dheasca sin, bhaineadar córas leanúnach amach a bhí in ann deich samplaí a thomhas in aon uair amháin. Ach ní raibh an teorainn bratha de 4 csm ró-shásúil i gcomparáid le teicníochtaí eile áfach. Mar shampla, d'fhorbair Fernández-Romero *et al.* imdhíonbhraiteoir sreatha a bhí in ann 0.4 csm d'atrasín a thomhas [110]. Formáid iomaíoch a bhí i gceist agus bhí an brath bunaithe ar dhéocsaídiú BC, a ghineadh trí ghníomhaíocht na foshraithe, H_2O_2 agus HC, le SRF. Bhí mAb d'atrasín doghluaiste le dromchla leictreoid scáthlán-priontáilte, ina raibh ciseal de bhitin agus ansin de streipteabhaidín curtha leis. Tig le díthiomsú na naisc bhitine-streipteabhaidíne seo, an dromchla a hathghineadh i ndiaidh gach anailís agus dá bhrí sin, d'fhéadfaí trí thomhais a dhéanamh in aon uair amháin. Rinne na coinníolacha athghiniúna (guainidín/HCl) damáiste do na leictreoidí áfach. Dá bhrí sin, bhí athúsáid na leictreoidé teoranta i gcomparáid le córais eile.

D'fhorbair Kröger *et al.* imdhíonbhraiteoir chun 2,4-D a thomhas in ithir [111]. Biodh gur tig leis an mbraiteoir seo méideanna faoi csm a thomhas, thóg sé a lán ama chun an anailís a dhéanamh, cé go raibh roinnt céimeanna gora agus níochána ag teastáil sular bhaineadh an brath amach. D'fhorbair Wilmer *et al.* teicníocht uathoibrioch a bhí in ann 0.1 codanna sa bhilliún (csb) a thomhas i mbreis is 12 nóiméid [112]. Roghnaidh siad ar fhormaid manglamach a úsáid leis an imdhíonmheasúnacht. Chuir siad an anailít 2,4-D ar ghor le hantashubstaintí luiche do 2,4-D agus le hantashubstaintí luiche le lipéid AP orthu. Ansin chuir siad an meascán seo le dromchla leictreoid a bhí clúdaithe le 2,4-D. Nasc na hantashubstaintí do 2,4-D leis na hantashubstaintí luiche IgG agus ansin nasc an anailít leis an gcoimpléasc seo. Sa slí sin, níorbh fhéidir leis an gcoimpléasc nasc a dhéanamh le 2,4-D a bhí doghluaiste. Cé nach raibh an chuid is mó de láimhseáil imoibrithe ag teastáil, ní mó céim níocháin a dhéanamh chun an brath a bhaint amach.

Tá imdhíonbhraiteoir bunaithe ar LSP forbairthe ag Fährnrich *et al.*, chun brath aimpéarmhéadrach a dhéanamh ar an hidreacarbón aramatach polaicioglach (HAP), feanatraín [82]. D'imigh comhchuingeach feanatraín-ASB do-ghluaiste in iomaíocht go neamhdhíreach le seo, chun naisc a dhéanamh le hantashubstaintí mAb do fheanatraín sa thuaslagán. Baineadh úsáid as antashubstaint thánaisteach le lipéad AP agus freisin as *p*-aimínefeinil fosfáit (*p*AFF), chun brath de 80 csb a bhaint amach. Ach bhí amanna fada táirgeacha, chomh maith le roinnt céimeanna gora, blocáilte agus níocháin ag teastáil leis an gcóras seo. Dá bhrí sin, cé go mbainfeadh úsáid as LSP mar fhoshraitheanna, ní raibh an theicníocht seo oiriúnach d'olltháirgeadh.

Tá príomhairí na himdhíonbhraiteora seo agus imdhíonbhraiteoirí eile do mhonatóireacht timpeallachta léirithe i d*Tábla 1.1*.

1.5 ACHOIMRE

Tá antashubstaintí ag cruthú go maith mar dhúil aitheantais uilíocha, cé gur féidir leo naisc a chruthú go roghnaíoch agus go sonrach le hanailítí. Le forbairtí i dtáirgí athchuingreacha, is féidir atáirgeacht a dhéanamh ar bhloghanna glana de mhóilíní antashubstainte trí shlí atá neamh-chostasach. Baintear úsáid as teicníochtaí bhratha leictriceimiceacha go coitianta le braiteoirí einsíme. Tá na teicníochtaí seo oiriúnach d'eachtraí nasctha antashubstainte-antaigine freisin, trí úsáid a bhaint as lipéid einsíme. Mar thoradh ar fhorbairtí i dteicneolaíochtaí tháirgeadh leictreoidí, is féidir leictreoidí shochaite neamh-chostasacha scáthlán-priontáilte a úsáid in ionad na leictreoidí agus na cealla thoirte thraidisiúnta.

Trí fhorbairt a dhéanamh ar imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha a chuireann neart an bhitbhraiteora leictriceimiceach agus infheidhmeacht forleathan an imdhíonmheasúnaigh le chéile, d'fhéadfaí gléasanna bithbhraiteora iniompartha ginearálta a tháirgeadh. Tá fíor-éileamh tar éis teacht ar mhonatóireacht timpeallachta le blianta anuas, cé go bhfuil rialtais agus an lucht daonna ag tabhairt na contúirtí ó chórais thionsclaíochta agus talamhaíochta faoi deara.

Tábla 1.1: Imdhíonbhraiteoirí leictriceimeacha d'anailís timpeallachta

Córas bratha	Anailít	Fad na hanailíse (nóiméad)	T.B. (csm)
Aimpéarmhéadrach <i>LSP (ór)</i>	2,4-D	60	0.1
Aimpéarmhéadrach <i>LSP (graifit)</i>	HAP	240	80
Aimpéarmhéadrach* <i>LSP (graifit)</i>	Atraisín	15	0.1
Poitéinsiméadrach <i>Graifit</i>	2,4-D 2,4,5-T	12	40 50
Aimpéarmhéadrach* <i>LCG</i>	Atraisín	6 – 20	4
Aimpéarmhéadrach* <i>LSP (graifit)</i>	Atraisín	20	0.4
Aimpéarmhéadrach <i>LSP (graifit)</i>	Atraisín	30	Csm isle
Aimpéarmhéadrach* <i>Platanam</i>	2,4-D	12.5	0.1 csb

* Córas sreatha

Formáid na himdhíonmheasúnaigh	Tagairt
Iomaíoch (Ab le lipéad sárocsaíodáise)	[75]
Iomaíoch (Lipéad FA)	[83]
Iomaíoch (Lipéad OGD le SRF agus cataláis sa chóras freisin)	[109]
Iomaíoch (Lipéad sárocsaíodáise)	[110]
Iomaíoch (Lipéad FA)	[111]
Iomaíoch (Lipéad SRF)	[112]
Iomaíoch (Ab le lipéad ODG)	[113]
Iomaíoch (Lipéad FA)	[114]

Tábla 1.1: ar leanúint – Imdhíonbhraiteoirí leictriceimeacha do hanailís timpeallachta

Córas bratha	Anailít	Fad na hanailíse (nóiméad)	T.B. (csm)	Formáid na himdhíonmheasúnaigh	Tagairt
Aimpéarmhéadrach <i>LCG</i>	Atraisín	5 – 60	1 csb	Iomaíoch (Lipeád SRF)	[115]
Aimpéarmhéadrach <i>LSP (graifit)</i>	Atraisín	20 – 30	1	Díreach: (déantar aimpliú ar chomhartha le lipeasómana atá lipeáda le hatraisín)	[116]
Aimpéarmhéadrach <i>LCG</i>	Tearbúitleaisín		1 csb	Iomaíoch (Lipeád SRF)	[117]
Aimpéarmhéadrach*	Atraisín		1 csb	Iomaíoch (Lipeád SRF)	[118]
<i>Carbón</i>	2,4-D	12	0.2	Iomaíoch (Ab le lipeád FA)	[119]
Poiteinsiméadrach <i>pH-TIR</i>	2,4-D	40	1	Iomaíoch (Lipeád SRF)	[120]
Aimpéarmhéadrach* <i>Ór</i>	Simisín		0.1 cst	Iomaíoch (Lipeád ODG – leictreoidí clúdaithe le SRF)	

* Córas sreatha

Tá na modhanna imdhíonanailíse thimpeallachta atá ann faoi láthair bunaithe sa shaotharlann agus tógann siad a lán ama chun úsáid a bhaint astu. Tá céimeanna níocháin, gora, blocáilte agus deighilte ag teastáil ó imdhíonmheasúnachtaí thraidisiúnta sula mbaintear an brath amach. Tá imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha ullmhaithe do raon de thruailleacháin cosúil le lotnaidicídí agus uaireanta is mian le cuid acu na léibhéil ísle a bhrath, mar atá ag teastáil ag cúrsaí reachta faoi láthair. B'fhéidir gur chuireadh forbairtí eile sa todhchaí córais iniompartha níos símplí ar fáil, ionas gur féidir le duine neamh-oilte iad a úsáid taobh amuigh den shaotharlann.

1.6 ÉIRIM AN THRÁCHTAIS

Ba é cuspóir na hoibre reatha seo ná chun imdhíonbhraiteoir nua a fhorbairt le haghaidh anailís timpeallachta a dhéanamh ar an lotnaidicíd atraisín. Tugtar cur síos ar conas olltháirgeadh a dhéanamh ar bhraiteoir mar seo. Ba é príomhchuspóir na hoibre seo ná baic de leictreoidí shochaite a tháirgeadh. Chomh maith le sin, tríd an próiseas braiteora a shimpliú go próiseas bratha aon-chéimeach, ní bheadh an méid sin cur isteach ag teastáil ón úsáideoir agus ní bheadh an méid nó an castachas chéanna a bhain leis na céimeanna measúnaigh ag teastáil ach an oiread.

Déanann Caibidil 2 den thráchtas seo cur síos ar na nósanna turgnamhacha a úsáidtear le haghaidh an obair saotharlainne atá léirithe sna caibidilí eile. Déanann Caibidil 3 cur síos ar tháirgeadh agus ar an optamú a rinneadh ar phróiseas cumadóireacht do LSP, a bhí dearcaithe agus táirgithe sa shaotharlann. Déantar optamú ar an bpróiseas cumadóireacht le fiosrú leictriceimiceacha, optúla agus micreascópacha chun an tionchar a bhí ag paraiméadair tháirgeacha ar nós slaodacht an dhúigh, chomh maith le teocht agus am na saille, a fháil amach. Déanfaí cur síos ar an tionchar a bhí ag céim réamhchóireála leictriceimiceach freisin. Faoi dheireadh, déanfaí comparáidí idir feidhm na leictreoidí seo agus an gnáth LCG.

Déanann Caibidil 4 cur síos ar an optamú agus an carachtaracht a rinneadh ar scannáin pholaiméireacha PANI a bhí deasctha trí mhodhanna leictriceimiceacha agus ceimiceacha le dromchla leictreoidí éagsúla. Tá cur síos déanta ag an tionchar a bhí ag tiús na scannáin a ullmhaítear go leictriceimiceach ar na freagairtí bhraiteoracha.

Ullmhaíodh scannáin PANI trí mhodh ceimiceach ar raon de fhoshraitheanna agus cuireadh le scéimeanna braiteora iad. Athraíodh roinnt paraiméadair den phróiseas deasctha chun iarracht a dhéanamh smacht níos fearr a chur ar thúis na scannáin seo.

Tá cur síos ar characteracht a rinneadh ar scannáin bunaithe ar einsímí agus antashubstaintí a chuireadh le LSP clúdaithe le PANI, déanta i gCaibidil 5. Déanann Caibidil 6 cur síos ar fhorbairt bithbhraiteoirí bunaithe ar antashubstaintí le haghaidh anailís fíor-ama a dhéanamh ar bhitin agus ar atraisín le hantashubstaintí iomlán agus le bloghanna d'antashubstaintí. Déanfar cur síos ar iarrachtaí a rinneadh chun méid na céimeanna measúnachtaí a íosmhéadú agus freisin ar iarrachtaí fadhbanna maidir le inathruithe idir-leictreoidé a shárú. Molfar obair a d'fhéadfadh a dhéanamh sa todhchaí de bharr na hoibre sa thráchtas seo i gCaibidil 7.

Caibidil a Dó

Ábhair agus Modhanna

2.1 ÁBHAIR

Muna bhfuil a mhalairt léirithe, ceannaíodh na himoibrithe imdhíoncheimiceacha ó Sigma-Aldrich (Poole, Dorset, An Ríocht Aontaithe). Antashubstaint pholaclónach ghabhair ab ea an antashubstaint anta-bhitine (Sigma B3640) agus sárocsaíodáis lipéadta ag bitinaimídicaoraile (Bitin-SRF) ab ea an shárocsaíodáis raidis fhiáine lipéadta (Sigma P2907). Bhí na hantashubstaintí anta-luiche (M6898) speiciseach do Fab. Bhí salann airgid (Tuaslagán A), tionscnóir (Tuaslagán B) agus tuaslagán bunaithe (peintehiodráit thiasulfáite shóidiam) sa threalamh méadaithe. Ceannaítear 25% (toirt sa thoirt (t/t)) tuaslagán glútairaildéid (G5882) agus foirne thaibhléidí ó-déchlóiride fheiniléine dhé-aimíne (ODF) (P9187) ó 'Sigma.' Bhronn comhoibrithe i Roinn na Bitheolaíochta Mhoilíní in Ollscoil Aberdeen na bloghanna scAb orainn. Bhí comhchrinniú 200 U/mg ag baint leis an tsárocsaíodáis raidis fhiáine (P6782). Bhronn 'Inverness Medical Ltd.' (Inverness, Albain) an SRF i gcór cúrsaí chomhchuingithe orainn. Fuarthas antashubstaintí mhonaclónacha do ghónadótróipín chóiríneach dhaonna (GCD) lipéadta ag caithníní óra, ó 'Fitzgerald Industries Int.' (MA, Na Stáit Aontaithe Mheiriceá). Ceannaíodh aigéad 3-mearcaptóprópanóch ó Lancaster (8479). Ceannaíodh anailín ó Aldrich (13,293-4), rinneadh driog air faoi fholús agus coiméadadh é reoite faoi nítrigin. Ceannaíodh 30% (t/t) sárocsaíd hidrigine (108,597) agus dearbheatánól (100,983) ó Merck (Darmstadt, An Ghearmáin). Ceannaíodh an salann sóidiam pholai(viniolaigéad sulfánach) (27,842-4), *N*-hiodracsasucanaimíd (NHS, 13,067-2), 85% (meáchan sa thoirt (m/t)), piollairí hiodrocsaí photaisiam (P6310), atraisín (45330), hidrigincharbonáit sóidiam (43,144-3), décioglaieacsócharbadaímíd (DCC, D8,000-2), démheitioformaimíd (DMF, 15,481-4), amóiniam sárshulfáite (24,861-4) agus trihiodráit fhearóiciainíd photaisiam (22,768-4) ó Aldrich.

Fuarthas taos carbóin (C10903D14) ó 'Gwent Electronic Materials Ltd.' (Gwent, An Ríocht Aontaithe) agus ceannaíodh an taos airgid (Electrodag® PF-410) agus an taos polaiméire tréleictreach (Electrodag® 452 SS BLUE) ó Acheson. Fuarthas na foshraitheanna theireatálacha phoileitiléineacha ó 'HiFi Industrial Film Ltd.' (Baile Átha Cliath 6, Éire) agus scannáin Melinex® (réamhchrapaithe) ab ea iad. Ceannaíodh an théip insliúcháin (494 360) ó Radionics (Baile Átha Cliath 12, Éire). Ceannaíodh na sleamhnáin mhicreascópacha ghloiní bhisithe (406/0183/06) ó BDH

(Lennox, Baile Átha Cliath 12, Éire). Ceannaíodh na feadáin pholapróipiléine (58536) ó Sarstet (Loch Garman, Éire). Bhronn Leon Ó Catháin-MacUidhir, Ollscoil Wollongong, An Astráil an ocsaíd indiam dópaithe le stán (OIS) orainn. Bhronn Daithí Ó Cuimín, Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, Éire an ocsaíd indiam dópaithe le fluairín (OIF) orainn. Gearradh OIS agus OIF i mbandaí droinuilleacha 10 mm x 35 mm le líomhán bioránta diamanta Uimhir 156 (Aadorf, An Eilvéis). Ceannaíodh an níochán scáthlái uilíoch Seriwash (ZY639) ó 'Sericol Ltd.', (Kent, An Ríocht Aontaithe). Ceannaíodh na púdair alúmana 1 μm (40-6310-008), 0.3 μm (40-6305-008) agus 0.05 μm (40-6301-008) ó Buehler (Dorset, An Ríocht Aontaithe). Ceannaíodh na leictreoidí charbóin ghloineacha agus airgead/airgid clóiríde ó 'Bioanalytical Systems Ltd.' (Cheshire, An Ríocht Aontaithe). Ceannaíodh an mogall platanaim (29,809-3) ó Aldrich.

2.1.1 Maoláin agus tuaslagáin

Is é TMF ná tuaslagán maoláin fosfáite 0.1 M, 0.137 M NaCl agus 2.7 mM KCl, pH 6.8. Ullmhaíodh é seo trí thuaslagán de 0.1 M Na₂HPO₄, 0.137 M NaCl agus 2.7 mM KCl a mheascadh le tuaslagán de 0.1 M KH₂PO₄, 0.137 M NaCl agus 2.7 mM KCl, go dtí gur bhaineadh pH 6.8 amach. Muna bhfuil a mhalairt léirithe, ullmhaíodh gach imdhíoncheimiceán i dTMF.

2.2 IONSTRAIMIÚ

Rinneadh scáthlán-priontáil le hineall priontála leathuathoibríoch DEK Albany 247 (Weymouth, An Ríocht Aontaithe). Baintear úsáid as scáthlán níolóin ('Miller Group Ltd.', Baile Átha Cliath 12, Éire) a raibh tiús mogaill 77 T (snáithíní sa cm le snátha de ghráda tiubhe (35 – 40% achar oscailte) agus é curtha ag uileann 45° le treo na priontála. Úsáideadh scúigí aonarach rubair le bos chearnóga. Rinneadh léasú ar na gcisil charbóin agus airgid i ngnáth-oighinn saotharlainne. Ceannaíodh an córas léasú

le lampa ultraivialaite (UV) ó ‘UV Process Supply, Inc.’ (Cortland, Chicago, IL, Na Stáit Aontaithe Mheiriceá).

Rinneadh gach tomhas voltmhéadrach agus aimpéarmhéadrach le hanailíseoir leictreiceimiceach BAS100/W le bogearraí BAS/100W, a d’oibrigh trí mhodh voltmhéadracht chioglach, voltmhéadracht scanta líneach (VSL) nó aimpéarmhéadracht bunaithe ar amanna. Úsáideadh leictreoid thagartha Ag/AgCl agus leictreoid chúntach phlatanaim do thurgnaimh leictreiceimiceacha thoirte. Rinneadh na tomhais phoitéinsil chiorcad oscailte (PCO) leis an bhfeidhm “phoitéinseal ciorcad oscailte” le bogearraí il-phoitéinseastaíte ‘CH Instruments Model 1000’. Taispeánadh gach sruth ocsaídídeach go diúltach agus gach sruth dé-ocsaídídeach go deimhneach. Baintear úsáid as teannaire tréimhsealtach Gilson Minipuls 3 chun na hainilísí shreabh-insteallta a dhéanamh.

Baineadh leictreonmhicreascópacht scanacháin (LMS) amach le ‘Hitachi S 3000N Scanning Electron Microscope’. Baineadh na híomhánna amach trí mhodhanna braite leictreoin thánaisteacha (LT) nó leictreoin chúlscapthe (LCS). Úsáideadh voltais luasghéarúchána de 20 keV agus 10 keV. Chun anailís a dhéanamh ar leictreoidí charbóin ghloineacha, cuireadh na leictreoidí le stocáin trí úsáid a bhaint as ‘Blue Tack’ tirim. Úsáideadh an ‘Oxford Instruments EDX System’ (‘Oxford Instruments Analytical Ltd.’, Bucks., An Ríocht Aontaithe) le bogearraí oibriúchána Link ISIS agus brathadóir SiLi le haghaidh anailís X-ghathach spréite fuinnimh (XSF). Úsáideadh faid oibre de 15 mm le haghaidh na tomhais uilig. Rinneadh na tarraingtí X-ghathacha leis an bhfeidhm ‘SpeedMap’ de na bogearraí Link ISIS. Calabraíodh an córas XFS le caighdeán chóbailt (‘Oxford Instruments’) agus an fheidhm calabraithe Quant de na bogearraí Link ISIS roimh gach tomhas.

Rinne Clár Ní Hanhsaigh i Scoil na hEolaíochta Fisicí micreascópacht fhórsa adamhach (MFA) ag teocht agus bogthaise an tseomra le ‘Digital Instruments Dimension™ 3100 NanoScope®.’ Rinneadh tomhais shlaodachta le slaodmhéadar drumma rothlach Model ELV-8 ó ‘Viscometers UK Ltd.’ Fuarthas na híomhánna fhótagrafacha digiteacha le ceamara digiteach Canon MV1 (‘Camera Division,’ Londain, An Ríocht Aontaithe) agus rinneadh próiseáil orthu le ‘Microsoft Photo Editor.’ Baineadh úsáid as feadán ribeach gloineach (trasthomas inmhéanach de 1 μm) chun micreascópacht leictreiceimiceach scanacháin (MLCS) a dhéanamh. Greamaíodh an feadán ribeach le pláitín XYZ tiománta ag mótar ardchruinne (‘Chuo

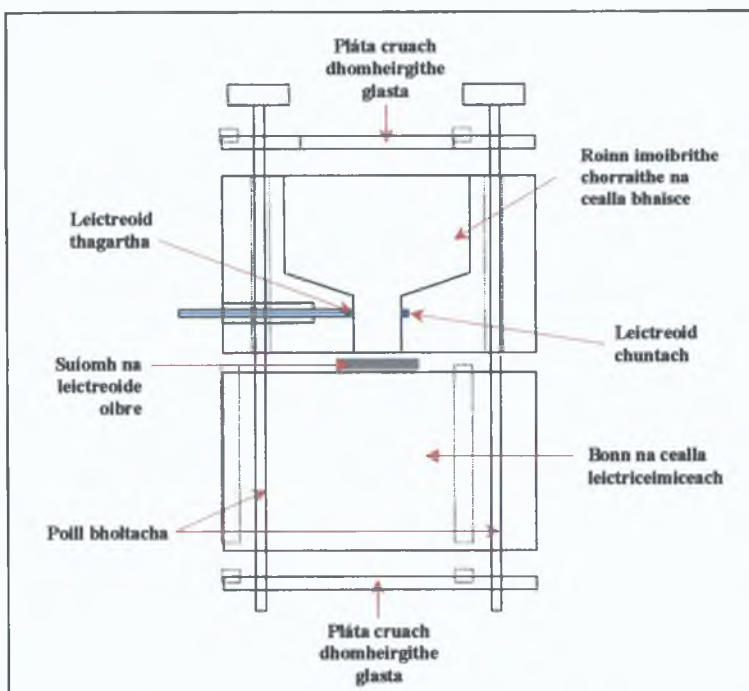
Seiki,' M9103) a chuireadh le micreascóp inbhéartaithe. Baineadh insteallta tuaslagánacha amach trí úsáid a bhaint as micri-insteallaire ('Narishigc,' IM-300). Brathadh ceimealonrachas amach le háiritheoir fótoín ('Hamamatsu Photonics,' H5920-01) a bhí greamaithe le taobhphort den mhicreascóp.

Rinneadh na tomhais prófilmhéadracha leis an gcóras 'Dektak V 220-Si Stylus Profiler' ('Veeco Instruments Ltd.', Cambridge, An Ríocht Aontaithe). Úsáideadh an theicníocht dhéthoradóire agus Ilmhéadar HP 34401A ('Hewlett Packard,' Léim an Bhradáin, Co. Cill Dara, Éire) chun tomhais fhriotaíocha a bhaint amach. Baineadh na tomhais uilinn theagmhála amach trí úsáid a bhaint as an 'Video Contact Angle Optima XE System' (Leagan 1.75) ó 'AST Products Inc.' (Billerica, MA, Na Stáit Aontaithe Mheiriceá). Rinneadh speictreascópacht fhótaileictreonach X-ghathach (SFX) leis an Ionstraim 'VG-Microtech Energy Spectroscopy for Chemical Analysis.'

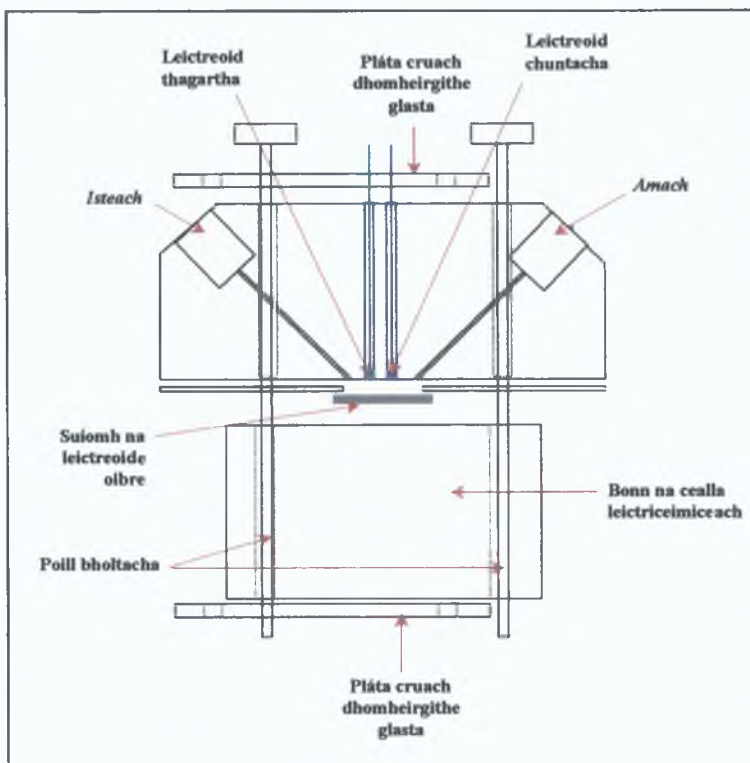
2.2.1 Cealla leictriceimiceacha

Baintear úsáid as cealla leictriceimiceacha chun gach turgnamh voltmhéadrach a dhéanamh. Maidir leis na turgnaimh aimpéarmhéadracha, dearcadh cealla pholacarbonáite shreatha agus bhaisce speisialta, mar atá léirithe i *bhFigiúirí 2.2* agus *2.3*, ionas gurbh fhéidir na LSP a chur leo [117]. Bhí áras imoibrithe agus bonn íochtarach ag baint leis an dá chill agus iad teannta lena chéile ag plataí chruaiche dhomheirgithe ghlasta. Bhí leictreoid thagartha Ag/AgCl agus leictreoid chúntach shreanga phlatanaim istigh ins an dá áras imoibrithe, le cónaisc imeallacha ag baint leo. D'fhéadfaí an LSP a chur i gclamp idir an t-áras imoibrithe agus an bonn. Maidir leis an gcill bhaisce, cuireadh iompar comhiomprach ar fáil le barra corraithe maighnéadach. Maidir leis an gcill shreatha, treoraíodh imoibrithe chuig logán sreatha a bhí suite thar dromchla na leictreoidé oibrithe, trí úsáid a bhaint as cainéil sreabh-istigh agus sreabh-amuigh. Ciseal spásála PET a rinne an logán seo agus bhrath toilleadh an logáin ar thiús an logáin. Úsáideadh logán le tiús de 50 μm ag baint leis do thomais shreatha, de réir toirt chealla de 15 μl .

(A)



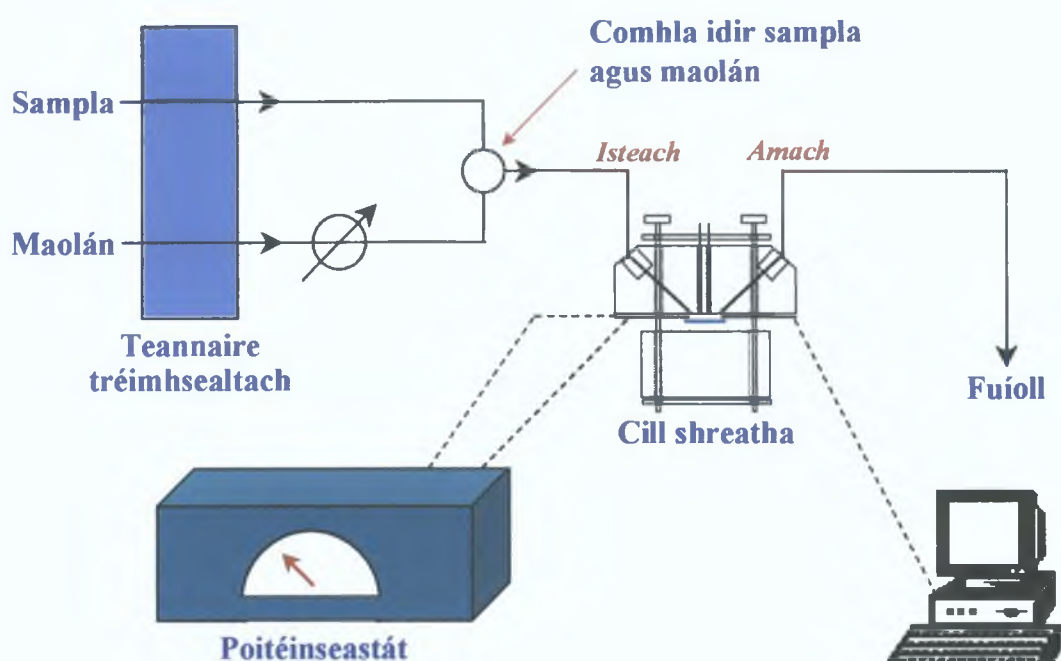
(B)



Figiúr 2.1(A): Léaráid scéimreach den chill pholacarbonáite bhaisce (A) agus den chill shreatha (B) a dhearcadh do na LSP. Bhí áras imoibrithe uachtarach agus bonn íochtarach ag baint leis an dá chill agus d'fhéadfaí an LSP a chur i gclamp eararthu. Coiméadtar leictreoidí thagartha Ag/AgCl agus chúntacha shreanga phlatanaim, a raibh cónaisc immealacha ag baint leo, i gcomhthionsú leis an leictreoid oibre. Bhí poill isteach agus amach druileáilte isteach san áras uachtarach den chill shreatha. Cruthaíodh logán sreatha as ciseal PET (50 μm ar thiús).

2.2.2 Leagan amach d'anailís shreabh-insteallta

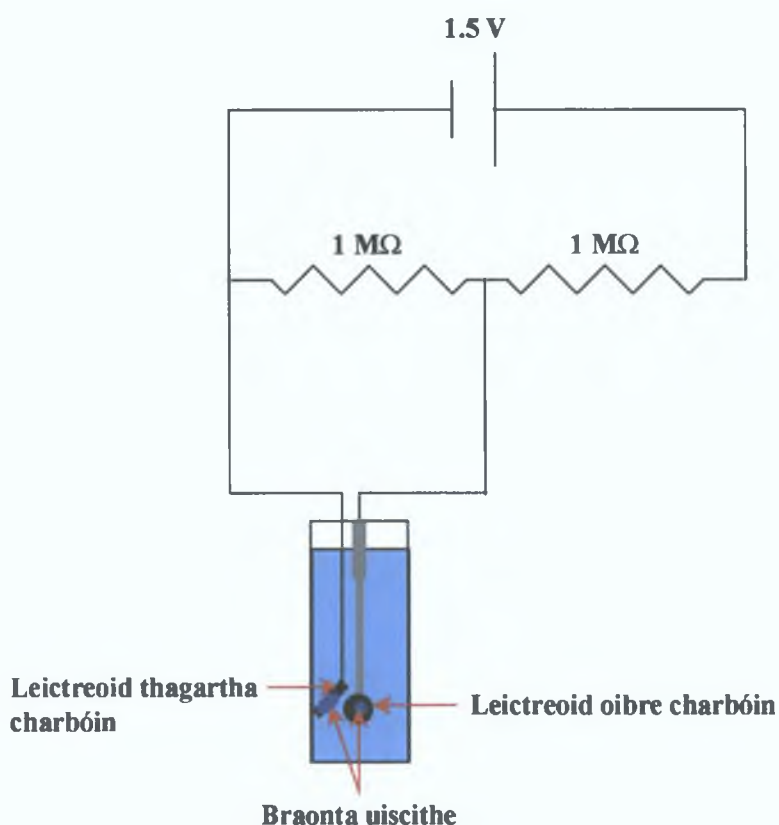
Tá an córas turgnaimhe do thurgnaimh anailísí shreabh-insteallta léirithe i *bhFigiúr 2.2*. Is í an chill shreabh-insteallta ná an ceann a léiríodh cheana féin i *bhFigiúr 2.1(B)*. Baintear úsáid as teannaire tréimhsealtach chun maolán TMF a sheoladh thar dromchla an bhraiteora, a bhí suite sa chill shreatha. Nuair a bhain an córas foistine amach, lascadh comhla ionas gurbh fhéidir leis an tsampla (sé sin an anailít, anailít-lipéadta agus/nó an fhoshraith) a ullmhaíodh sa mhaolán céanna, dul thar dromchla an bhraiteora. Más gá, d'fhéadfaí samplaí fhuíolla a bhailiú tar éis iad a ghabháil thar dromchla an bhraiteora.



Figiúr 2.2: Córas turgnaimhe do thurgnaimh ASI le braiteoirí bunaithe ar LSP. Ar dtús cuireadh TMF tríd an chill shreatha agus thar dromchla na leictreoide. Nuair a bhaineadh foistine amach, lascadh comhla ionas gurbh fhéidir leis an tsampla (anailít, anailít-lipéadta agus/nó an fhoshraith) dul thar dromchla an bhraiteora.

2.2.3 Ciorcad do phoitéinseal seasmhach

Rinneadh fiosrú ar chobhshaíocht bhraiteora trí bhuanphoitéinseal a chur thar dromchla na leictreoid, maidir leis an gciorcad cobhéise atá léirithe i bhFigiúr 2.3. Ní mó timpeallacht a rinneadh aistreacht ar an timpeallacht doghluaiséach a chur ar fáil, trí phoitéinseal ar an gcuma céanna den phoitéinseal ocsaídeach a úsáideadh le haghaidh cúrsaí doghluaisithe leictreastatacha (mar a pléfar i Mír 2.3.6.1), a choimeád thar dromchla na leictreoid.

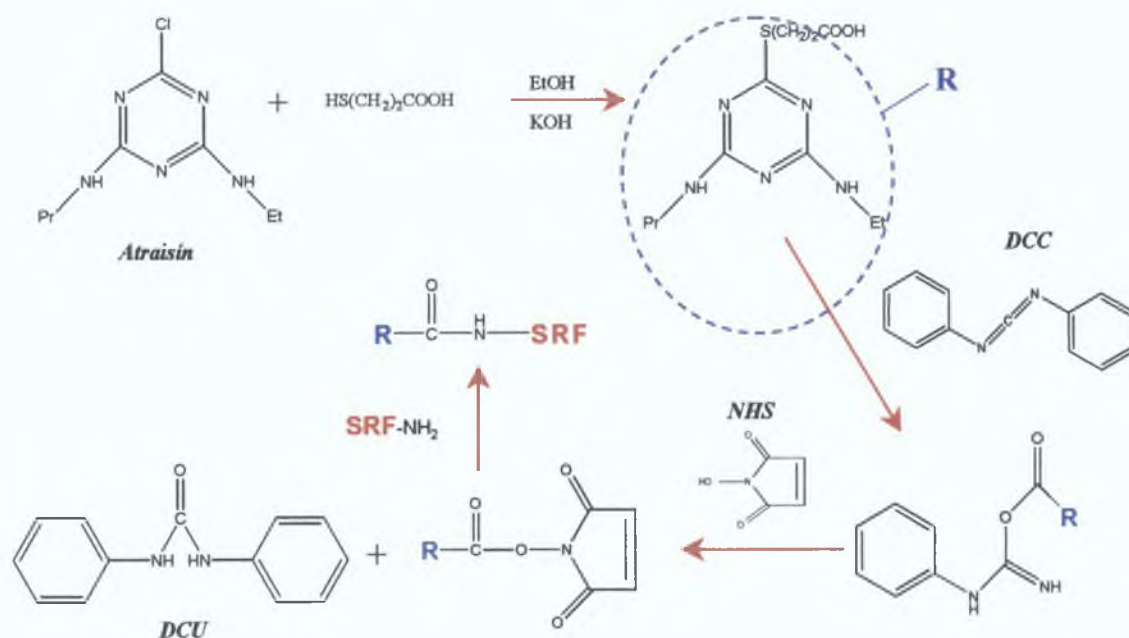


Figiúr 2.3: Ciorcad coibhéise do chobhshaíocht bhraiteora, a dhearcadh ionas gur chuireadh buanphoitéinseal le dromchla an bhraiteora. Do-ghluaiséadh próitéin le dromchla na leictreoid oibre agus coiméadtar iad i dtaca le banda tagartha carbóin. Cuireadh braonta de TMF ar an dá leictreoid agus coiméadtar an leictreoid iomlán ar stór in atmaisféar sáitithe le TMF ag 4°C .

2.3 MODHANNA

2.3.1 Sintéis den chomhchuingeach atraisíne-SRF

Rinne Darrach MacLiam, Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath an sintéis ar chomhchuingeach atraisíne-SRF, maidir le Goodrow *et al.* [118]. Tá an cuntas sintéise léirithe i bhFigiúr 2.4.



Figiúr 2.4: Sintéis atraisín-SRF. D'imoibrigh an grúpa 2-clóra d'atraisín le haigéad mearcaptópróipianach i láthair eatánól agus KOH agus ghineadh díorthach thia-éiteire mar thoradh ar an imoibriú seo. Ullmhaíodh eistir NHS de na páirteanna aimíne de na díorthacha seo le SRF, i láthair DCC chun an comhchuingeach agus an taobhtháirge déicioglaieicisíolúiré (DCU) a ghineadh.

2.3.1.1 Sintéis den dhíorthach atraisíne

Chun an haptan 3-{{4-(eitiolaimínea)-6-[(1-meitileitiol)amínea]-1,3,5-triaisín-2-il}aigéad própanóch a shintéisiú, cuireadh tualsagán de 5.4 mmol aigéad 3-mearcaptópróipianach, 10.8 mmol 85% (m/t) KOH agus 10 ml dearbheatánól le meascán aonchinéalach de 5.01 mmol atraisín agus 100 ml dearbheatánól. Rinneadh

aife ar an meascán seo faoi nitrigin ar feadh cúig uair a chloig go dtí nach raibh ach solad bán fágtha. Cuireadh an solad seo i 25 ml de 5% (m/t) NaHCO_3 . Níodh an tuaslagán faoi thrí i 10 ml clóraform agus rinneadh aigéadú air go pH 2 le 6 M HCl. Bailíodh an solad bán seo, níodh é le huisce dí-ianaithe agus trimeadh é. Baineadh níos mó táirge amach trí ghalú agus criostalú ó mheatánól a dhéanamh ar an iarmhar.

2.3.1.2 Comhchuingeacht den dhíortacht atraisíne le SRF

Baineadh an comhchuingeacht amach trí mheán eistir NHS maidir le Goodrow *et al.* [118]. Tuaslagadh an haptan i dtuaslagán comhfhólarach le NHS agus 10% (t/t) DCC breise go mólarach i 1 ml DMF. Corraíodh an meascán seo ar feadh 3.5 uair a chloig ag teocht an tseomra agus baineadh an deascán DCU de, trí lártheifneoracht a dhéanamh. Suimíodh an forleacht DMF le 200 mg SRF i 5 ml uisce dí-ianaithe go mall faoi chorráiocht fuinniúil. Corraíodh na meascáin ag 4 °C ar feadh 22 uair a chloig go dtí go raibh an comhchuingiú críochnaithe agus ansin rinneadh scagdhealú air faoi cheathair i gcoinne TMF ag 4 °C.

2.3.2 Táirgeadh ar bhloghanna d'antashubstaintí aon-slabhracha

Tháirg Aindrias Póirtéir agus a chomhoibrithe i Roinn na Bitheolaíochta Cealla agus Móilíneacha in Ollscoil Aberdeen, An Ríocht Aontaithe na bhloghanna d'antashubstaintí aon slabhracha. Trí phróiseas roghnaithe optamaithe a úsáid, d'aonraigh siad bhloghanna scAb 4D8 do hatraisín ó leabharlann thaispéantais fhagach antashubstaint chaorach agus ina dhiaidh sin, sloinn siad iad in *E. coli*. Tá an veicteoir pIMS 147 a d'úsáid siad le haghaidh na scAb a ullmhú léirithe i *bhFigiúr 2.5*. Tá cur síos déanta ag Charlton *et al.* ar an bpróiseas ullmhaithe cheana féin [119].

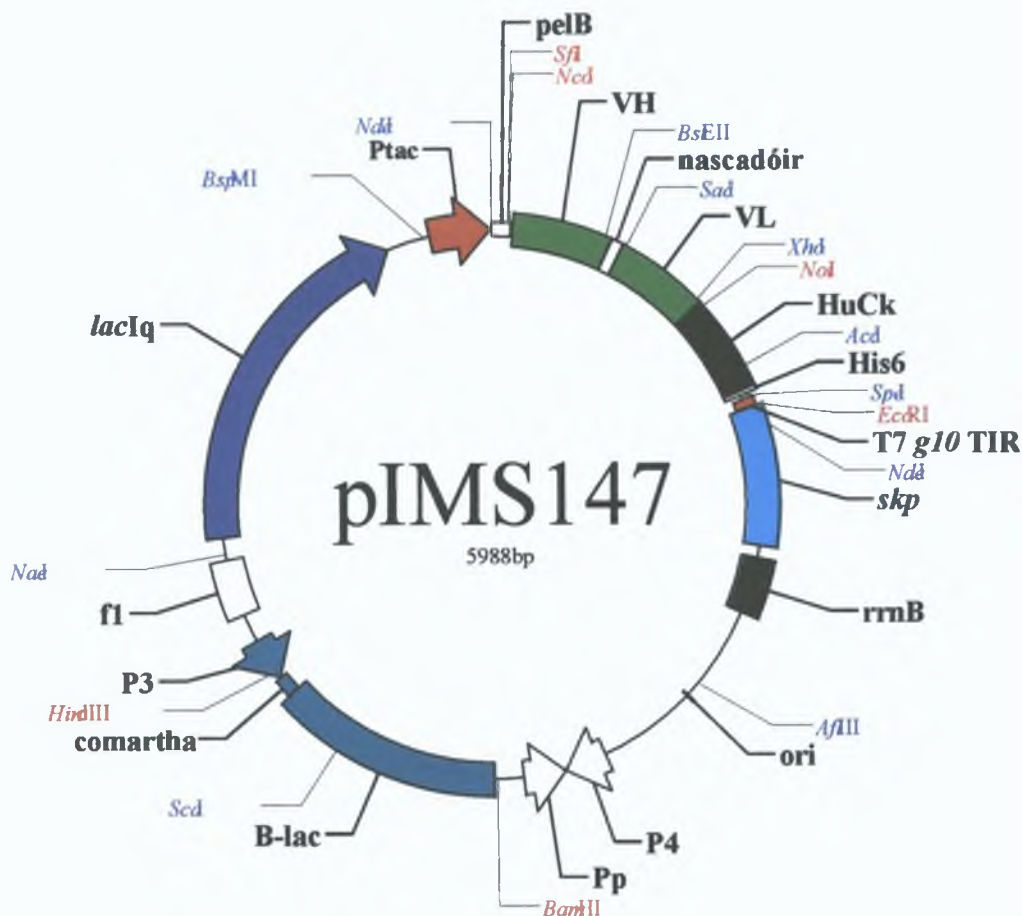
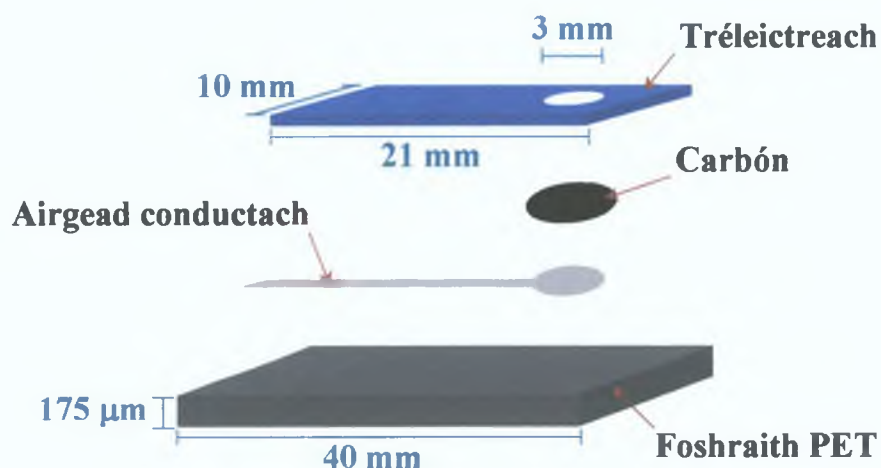


Figure 2.5: Léireáid scéimreach den veicteoir a úsáideadh chun scAb a shlonnadh in *E. coli*. Cuireadh na géinte i gcód anuas ón tionscnóir *lac*. Is iad V_H , V_L agus C_k na fearainn inaithreacha agus buana, faoi seach, den bhlogh antashubstainte. Dhírigh seicheamh taoisigh *PelB* táladh an scAb istigh i bpeireaplasma an óstaigh miocróbach *E. coli*. Seasann *His6* do sheisear iarmhair histidine, a úsáideadh chun an phróitéin a híonghlanadh le crómatagrafaíocht chrágtha mhiotail. Bearrtaíodh an nascadóir agus an eirbeal histidine isteach sa veicteoir cheana féin.

2.3.3 Táirgeadh ar leictreoidí scáthlán-priotáilte

Dearcadh scáthlán sa shaotharlann ina raibh gach dúl den leictreoid iomlán curtha leis agus tháirg ‘Miller Group Ltd.’ (Baile Átha Cliath 12, Éire) é. Tá cruthú na leictreoid leirithe i *bhFigiúr 2.6*, a thaispeánann na céimeanna seicheamhacha a úsáideadh chun leictreoidí a tháirgeadh. Foshraith PET réamhchrapatha (175 μm ar thiús) a úsáideadh mar bhunábhar, cé go raibh airí ghréamacha fhabhracha do dhúigh ag baint léi agus cé

go raibh sé fulangach maidir le teochtaí suas le 200 °C. Ní dhearnadh aon chórais réamhchóireála ar an bhfoshraith sular chuireadh na dúigh léi. Coinníodh luas na tuile ag an socrú is airde (10) agus athraíodh luas na priontáile de réir slaodacht na dúiche; sé sin 8 do dhúigh airgid agus déleictreacha agus 4 do thaos carbóin. Athraíodh socrú an bhrú ar an scuigí de réir na dúiche; 5.5 do thaos carbóin agus 5.0 do dhúigh airgid agus déleictreacha. Priontáileadh dhá leictreoid déag ar aon scannán amháin agus tar éis an priontáil a dhéanamh, cuireadh na dúigh le próiseas leasaithe teirmeach. Priontáileadh an dúch airgid, a d'oibrigh mar chosán seoltach idir an leictreoid oibre go dtí an teaghmáil leictreach agus leasaíodh é in oigheann ag teocht 120 °C ar feadh 5 nóiméid. Priontáileadh agus leasaíodh an taos carbóin sa slí chéanna ag raon de theochtaí ó theocht an tseomra go dtí 200 °C, ar feadh raon d'amanna leasaithe. Priontáileadh ciseal néamhsheoltach déleictrice agus leasaíodh é faoi thrí san ionad leasaithe UV ag déine lampa UV de 762 W/cm agus ag luas an chreasa iompartha de 6 rothlaithe sa nóiméad (rsn). Chuir an ciseal seo stop le trasnaíl agus chomh maith le sin, dhearc sé dromchla-achar na leictreoid oibre go ciorcal le trasthomas de 3 mm ag baint leis.



Figiúr 2.6: Comhshuíomh na LSP. Bhí na leictreoidí bunaithe ar bhonn PET; d'oibrigh ciseal airgid mar chosán seoltach. Bhí trasthomas de 3 mm ag baint leis an dromchla gníomhach taois carbóin, a dhearc ciseal insliúcháin déleictreach é.

2.3.4 Níosanna réamhchóireála do leictreoidí

Glanadh na LCG trí shnasanna as a chéile a bhaint amach ar dhromchla na leictreoidí le ceapanna feilt le meascáin uiscí de 1 μm , 0.3 μm agus 0.05 μm faoi seach de phúdar alumana. Ina dhiaidh sin, rinneadh glanadh ultrasonacha orthu in uisce dé-ianaithe ar feadh 15 nóiméid. Ansin sruthlaíodh na leictreoidí in uisce agus trimeadh iad in aeir.

Cuireadh na leictreoidí i dtuaslagán cealla 10ml de 0.2 M H_2SO_4 . Rinneadh aon chiogal voltmhéadrach amháin orthu idir -1200 agus 1500 mV i dtaca le Ag/AgCl ag ráta scanta de 100 mV/s agus ag íogaireacht de 1×10^{-3} V/A. Cuireadh an próiseas voltmhéadrach chéanna le LSP chun iad a ghlanadh, tar éis dóibh iad a ghearradh den bhileog priontáilte.

2.3.5 Polaiméiriúchán d'anailín

2.3.5.1 Polaiméiriúchán leictriceimiceach

Ullmhaíodh meascán de 7.8 ml 1 M HCl, 186 μl anailín agus 2 ml PVS agus cuireadh é ar dhíghás ar feadh 10 nóiméid. Coiméadadh atmaisféar argóin nó nitrigine thar dhromchla an thuaslagáin i gcónaí. Rinneadh polaiméiriúchán ar anailín ag dromchla na leictreoidé oibre le ciogail voltmhéadracha idir -500 agus 1100 mV i dtaca le Ag/AgCl ag 100 mV/s agus le íogaireacht de 1×10^{-3} V/A, go dtí gur bhaineadh an chéad bhuaic ocsaidiúchána (a sheasann don fhréamhchaitian leocómaraildíne (LM, LM^{*+}) sruth anóideach de -2.8 mA amach.

2.3.5.2 Polaiméiriúchán ceimiceach

Úsáideadh téip insliúcháine PVC (140 μm ar tiús) chun achar leictreoidé ar fhoshraith PET a dhearcadh trí chlúdach a chur uirthi. Polladh poill chiorclacha le trasthomais 3 mm ag baint leo sa théip le greamaire dornála, chun achar braiteora de 7.07 mm^2 a dhearcadh ar dhromchla na leictreoidé oibre. Ullmhaíodh an tuaslagán polaiméireach

trí chomhthoirteanna de thuaslagáin de 100 μ l anailín tuaslagtha i 9.9 ml 1 M HCl (tuaslagán A) agus 0.112 g de shárshulfáit amóiniam tuaslagtha i 10 ml 1 M HCl (tuaslagán B) a mheascadh le chéile. Rinneadh fiosraithe ar dhá nósanna deascatha, mar atá léirithe thíos.

2.3.5.2.1 Clúdach le braon

Meascadh 1 ml de thuaslagán A le 1 ml de thuaslagán B i mbuidéilín gloine. Tar éis guairneán a dhéanamh dóibh, cuireadh braonta beaga (5 – 50 μ l), a bhrath ar achar na leictreoidé a bhí le chlúdú, láithreach ar dhromchla na leictreoidé le pípéad gloine. Fágadh an tuaslagán chun polaiméiriúchán ar feadh 10 go 20 nóiméid, ag brath ar an léibhéal den ocsaideoir a úsáideadh. Ansin sruthlaíodh na leictreoidí i 0.1 M HCl agus fágadh iad chun trimiú in aeir sular úsáideadh iad nó sular chuireadh clúdacha eile leo.

2.3.5.2.2 Tumadh

Cuireadh na leictreoidí i mias Phetri ghloiní agus chuireadar i leacht 10 ml de chomhthuaslagáin A agus B. Sruthlaíodh agus trimeadh na leictreoidí ansin de réir Mír 2.3.5.2.1.

2.3.6 Do-ghluaiseacht próitéiní

2.3.6.1 Do-ghluaiseacht leictreastatach

Tar éis polanailín/polai(viniolaigéad sulfánach) (PANI/PVS) a dhearcadh le dromchla na leictreoidé, cuireadh an leictreoid sa chill bhaisce 2ml. Rinneadh dé-ocsaídiú ar dhromchla na polaiméire i 2 ml de TMF (déghásaithe ar feadh 10 nóiméid faoi nitrigin nó argón) ag –500 mV i dtaca le Ag/AgCl le heatramh samplach de 500 ms, ar feadh 1500 s agus ag íogaireacht de 1×10^{-4} V/A.

Ullmhaíodh na heimsímí i dTMF sular úsáideadh iad. Díreach tar éis an céim dé-ocsaídiú a chríochnú, baineadh an TMF den chill agus cuireadh an tuaslagán próitéine léi, gan corraíocht nó déghasú a dhéanamh. Arís díreach, rinneadh ocsaídiúcháin ag 700 mV i dtaca le Ag/AgCl ar feadh 1500 s. Le linn na hocsáidiúchána seo, greamaíodh an próitéin go leictreastatach le dromchla na leictreoid. Tar éis an ocsaídiúcháin seo a dhéanamh, baineadh an tuaslagán próitéine den chill agus cuireadh ar stór é chun úsáid eile a bhaint as níos déanaí.

2.3.6.2 Asúcháin

Sruthlaíodh leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS in uisce dí-ianaithe agus cuireadh sa chill bhaisce iad maidir le Mír 2.2.1. Cuireadh 200 μ l de 0.6 mg/ml SRF sa chill agus fágadh é chun imoibriú ag ciorcad oscailte ar feadh raon d'amanna.

2.3.6.3 Trasnascadh le glutaraildéad

Úsáideadh dhá phróisis chun trasnasc a dhéanamh le glútaraldéid; modh bunaithe ar thuaslagán agus modh bunaithe ar ghal.

2.3.6.3.1 Trasnascadh bunaithe ar thuaslagán

Córas ó Parente *et al.* [120] agus ó Lu *et al.* [121] a úsáideadh le haghaidh trasnascadh bunaithe ar thuaslagán a dhéanamh chun próitéin a nascadh le leictreoidí. Sruthlaíodh leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS in uisce dí-ianaithe agus cuireadh 0.1 M NaOH leo. Ansin sruthlaíodh iad in uisce dí-ianaithe arís agus rinneadh réidh le haghaidh doghlaiseacht iad, tríd iad a chur ar ghor i maolán TMF, pH 6.8 ar feadh 5 nóiméid. Ansin cuireadh ar ghor iad le braon 1 μ l de thuaslagán 2.5% glútaraildéad (i dTMF). Cuireadh 0.625 mg/ml SRF nó tuaslagán α -HCG- β Ab-collóideach óir le dromchla na leictreoid, corraíodh é agus fágadh chun thrimiú é ar feadh dhá uair an chloig. Ansin, cuireadh an leictreoid i leacht i dtuaslagán eatánólaimine (0.1 M i dTMF) ar feadh 20 nóiméid chun grúpaí neamhimoibrithe aldóile a bhaint den scannán.

2.3.6.3.2 *Trasnascadh bunaithe ar ghal*

Córas ó Li *et al.* a úsáideadh le haghaidh trasnascadh bunaithe ar ghal a dhéanamh chun próitéin a nascadh le leictreoidí [122]. Cuireadh braonta de 0.625 mg/ml SRF nó α -HCG- β Ab-collóideach óir le dromchla leictreoid mionathruithe le PANI/PVS agus fágadh é chun trimiú faoi choinníollacha timpeallachta ar feadh 30 nóiméid. Ansin greamaíodh na leictreoidí le droim pláta gloine dronnach a chuireadh go cothrománach ar bharr umar forbraíoch. Coiméadadh an umar seo, a cruthadh ó heascra ghloine gan liopa agus ina raibh 50 ml de 12.5% glútarailead ann, ag teocht srianaithe go teirmeastatach de 37 °C. Úsáideadh amanna forbraíocha de 5 nóiméid mar a úsáid Li *et al.* [122].

2.3.7 *Córas méadú airgid*

Meascadh 1 ml de thuaslagán méadú airgid A (TMA A) le 1 ml de thuaslagán méadú airgid B (TMA B) le chéile agus díreach ina dhiaidh sin, cuireadh 50 μ l den mheascán seo ar dhromchlaí clúdaithe le mAb HCG- β -cáithnín colloideach óir. Tar éis forbairt a dhéanamh ar feadh 8 nóiméid, sruthlaíodh dromchla an bhraiteora le huisce dé-inaithe agus fosadh é ar feadh 3 nóiméid i 2.5% (m/t) de thuaslagán tiasulfáit shóidiam agus ansin rinneadh athshruthlú air arís.

2.3.8 *Voltmhéadracht*

Chun anailísí volmhéadracha chioglacha a bhaint amach, cuireadh an LCG nó an LSP ar chiogal i 1×10^{-3} M fearóiciainid photaisiam, aigéad ascorbach nó catacól le 1 M KCl mar leictrilít thacaithe, le rátaí scanta idir 10 agus 100 mV/s, ag íogaireacht de 1×10^{-3} V/A i dtaca le Ag/AgCl. Baineadh voltmhéadagramanna amach i raon de leictrilítí cúlra ag 100mV/s i dtaca le Ag/AgCl.

Chun anailísí voltmhéadracha scanta lineacha a bhaint amach, cuireadh an LCG nó an LSP i 0.1 M TMF, le ráta scanta de 100 mV/s agus ag íogaireacht de 1×10^{-3} V/A i dtaca le Ag/AgCl.

2.3.9 Níosanna leictreanailtseacha

Baineadh turgnaimh aimpéarmhéadracha amach ag -100 mV i dtaca le Ag/AgCl, le eatramh samplach de 500 ms agus iogaireacht de 1×10^{-4} V/A. Cuireadh leictreoidí a raibh antashubstaintí nó eimsímí doghluaiste leo, faoi réir ag na goir imdhíoncheimiceacha oiriúnacha seo leanas.

2.3.10 Measúnachtaí einsíme

2.3.10.1 Níos comparáide idir leictreoidí

Doghluaiseadh SRF ag tiúchán de 0.5 mg/ml le dromchla na leictreoidé oibre maidir le Mír 2.3.6.1 agus ansin cuireadh sa chill bhaisce í. Nuair a bhaineadh foistíne amach, cuireadh 8 mM H_2O_2 leis an gcill ina raibh 2 ml de TMF inti cheana féin, ag -100 mV i dtaca le Ag/AgCl.

2.3.10.2 Toilleadh nasctha próitéin de dhromchla na leictreoidí

Ullmhaíodh tuaslagáin de SRF i gcaolaite dúbailte ag tosnú ag 10 mg/ml agus doghluaiseadh iad le dromchla na leictreoidé oibre, maidir le Mír 2.3.6.1. Maidir le leictreoidí a bhí mionathruithe le SRF, nuair a bhaineadh foistíne amach, cuireadh 8 mM H_2O_2 leis an gcill ina raibh 2 ml de TMF inti cheana féin, ag -100 mV i dtaca le Ag/AgCl. Maidir le leictreoidí a bhí mionathruithe le hantashubataintí do bhitin, cuireadh an leictreoid ar ghor le 200 μ l de 25 μ g/ml bitin-SRF. Ansin cuireadh an leictreoid le TMF agus nuair a bhaineadh foistíne amach, cuireadh 8 mM de H_2O_2 léi.

2.3.10.3 Tionchar an neart éine ar dhópáil

Ullmhaíodh tuaslagáin de 0.625 mg/ml SRF i dTMF le fuinnimh éine dhifriúla ag baint leo, sé sin 0.1 agus 0.5 M TMF. Ansin cuireadh na leictreoidí sa chill bhaisce ina

raibh 2 ml de TMF inti cheana féin agus cuireadh 8 mM H_2O_2 leo tar éis foistine a bhaint amach, ag -100 mV i dtaca le Ag/AgCl.

2.3.10.4 Scrúdaithe chun foinse na meata sreatha a fhiosrú

Cuireadh leictreoidí a bhí doghluaiste le 0.625 mg/ml ASB le sreath TMF ar feadh 150 nóiméid. Ansin cuireadh samplai le 8 mM H_2O_2 agus 25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ SRF iontu thar dhromchla na leictreoid ag -100 mV i dtaca le Ag/AgCl.

2.3.11 Níosanna imdhíonmheasúnachta

2.3.11.1 Anailís le haon leictreoid amháin

2.3.11.1.1 Monatóireacht fíor-ama ar bhitin-SRF i gcóras baisce

Cuireadh leictreoid a bhí mionathruithe le hantashubstaintí do bhitin sa chill bhaisce 2ml. Ansin cuireadh TMF léi agus corraíodh an córas. Nuair a bhaineadh foistine amach, cuireadh 8 mM de H_2O_2 leis an gcill. Cuireadh tiúcháin de bhitin-SRF idir 0 agus 25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ leis an gcill agus rinneadh monatóireacht ar na freagairtí aimpéarmhéadracha a ghineadh.

2.3.11.1.2 Monatóireacht fíor-ama ar atraisín i gcóras sreatha

Cuireadh leictreoidí a bhí mionathruithe le antashubstaintí d'atrasín leis an gcill shreatha. Tar éis foistine a bhaint amach, ligeadh d'atrasín ag tiúcháin athruithe ó 10 μM go 0.0005 μM dul thar dhromchla na leictreoid ag ráta sreatha de 400 $\mu\text{l}/\text{nóiméad}$ ar feadh 30 soicind. Ansin cuireadh meascán d'atrasín-SRF ag tiúchán de 12 $\mu\text{g}/\text{ml}$ agus 8 mM de H_2O_2 thar dhromchla na leictreoid agus rinneadh monatóireacht ar na haschuir aimpéarmhéadracha a ghineadh.

2.3.11.2 Anailís fíor-ama il-chalabraithe

2.3.11.2.1 Cuair chaighdeánacha le aon leictreoid amháin

Cuireadh leictreoidí a bhí mionathruithe le hantashubstaintí do bhitin nó d'atrasín leis an gcill shreatha. Cuireadh meascáin de bhitin-SRF nó atrasín-SRF agus 8 mM de H_2O_2 thar dhromchla na leictreoid ar feadh 20 soicind ag ráta sreatha optamaithe de 400 μ l/nóiméad. Ullmhaíodh cuair chalabraithe trí na cuair rátaithe líneacha thosaithe a bhreacadh i gcoinne an tiúchán de bhitin-SRF nó atrasín-SRF.

2.3.11.2.2 Measúnachtaí il-iomaíocha le aon leictreoid amháin

Cuireadh leictreoidí a bhí mionathruithe le hantashubstaintí d'atrasín sa chill shreatha. Cuireadh meascáin d'atrasín-SRF (0.5 μ g/ml), 8 mM de H_2O_2 agus tiúcháin athruithe d'atrasín (0.1 – 1.0 μ g/ml) thar dhromchla na leictreoid ar feadh eatraimh de 20 soicind ag ráta sreatha de 400 μ l/nóiméad. Ullmhaíodh cuair chalabraithe tríd na cuair rátaithe líneacha thosaithe a bhreacadh i gcoinne an tiúchán d'atrasín.

2.3.12 Tomhais shlaodacha

Baineadh úsáid as slaodmhéadar druma rothlach chun iompar slaodach na ndúigh a thomhas thar thréimhsí amanna shocraithe. Baineadh úsáid as fearsaid L4 do thomhais ar thaos carbóin agus as fearais L3 do thomhais ar dhúigh airgid agus tréleictrice.

2.3.13 Anailís mhíchothroimeach

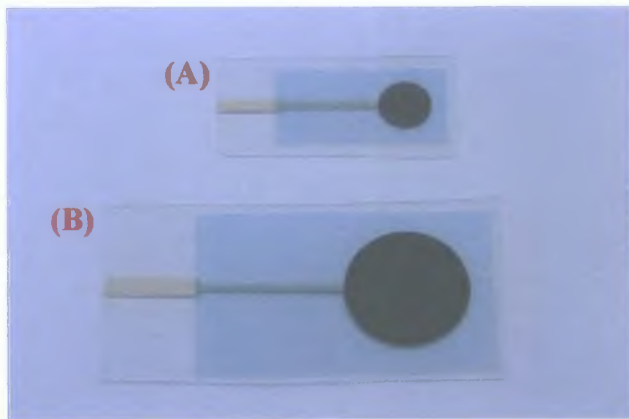
Rinneadh anailís ar mhíchothroimeacht dromchlaí na leictreoidí trí úsáid a bhaint as bogearraí NanoScope[®] mar aon le hiomháu MFA. Riomhadh an luach mhéan na míchothroimiú ó dhiallta san airde ón meán-luach maidir le Cothromóid 2.1 [123]:

$$R_e = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |z_j| \quad \text{[Cothromóid 2.1]}$$

ina sheasann Z do shuim na luachanna airde iomláin roinnte ag an méid de phointí sonraí (N) san íomhá.

2.3.14 Anailís speictreascópach le fotaileictreoin X-ghathacha

Rinne Clodagh Ní Stiobairt, Scoil na hEolaíochta Fisicí, Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, na tomhais SFX. Le linn na hanailíse SFX, cuireadh na samplaí suas ar stocán ina raibh trasthomas de 8 mm ag baint leo agus fosadh an sampla ina ionad sin, ionas go raibh an stocán clúdaithe leis. Cé nach raibh ach trasthomas de 3 mm ag baint leis na LSP san obair seo, bhí siad ró-bheag chun na stocáin a chlúdú, agus ní mó gach leictreoid a dhearcadh ionas go mbeadh an carbón agus de dheasca sin an PANI/PVS nochtha sa chóras. Mura ndearnadh é seo, cuireadh comharthaí ón gciseal déleictreach nó ó haon chuid den stocán a bhí nochtha, isteach ar an tomhas. Dá bhrí sin, dearcadh leictreoid le achar de 113.04 mm^2 ag baint léi, mar atá léirithe i *bhFigiúr 2.7*, a chlúdódh an achar anailíse iomlán. Cé go raibh achar oibre an leictreoid seo i bhfad níos mó ná an achar a bhain le gnáth leictreoid, ligeadh do na ciogail leictriceimiceacha dul go dtí sruth de 44.8 mA don chéad bhuaic ocsaídúcháin (maidir le Mír 2.3.5.1), chun a dhéanamh cinnte go raibh tiús na scannáin PANI/PVS mar an gcéanna ag an dá leictreoidí.



Figiúr 2.7: Gnáth LSP (A) agus LSP a dhearcadh i gcór staidéir SFX (B).

Baintear sonraí SFX amach le gineadóir folústha agus an córas 'Electron Spectroscopy for Chemical Analysis.' Floscadh na fótaileictreoin le radaíocht Al K α mar fhoinsé radaíochta (fuinneamh an fhótóin ag 1486.6 eV). Oibríodh an foinse ag 15 kV agus ag 20 mA. Baillíodh na fótaileictreoin agus iad ag dul trasna an dhromchla normalach agus brathadh iad le hanailíseoir leathsféarach. Ceartaíodh gach speictream ionas nach gcuireadh an lucht samplach isteach ar na tomhais, tríd an line C 1s do charbón eachtrúile a thagairt do 285 ± 0.3 eV. Bailíodh scanta scrúdacha ag fuinneamh gabháile de 50 eV, le céimeanna de 0.5 eV, amanna cónaithe de 0.5 s agus baineadh 20 scanta amach. Coiméadadh an brú sa sheomra anailise ag 10^{-8} mbar le linn na scanta a bhaint amach.

2.3.15 Tomhais ar uilinneacha theagmhála uiscí

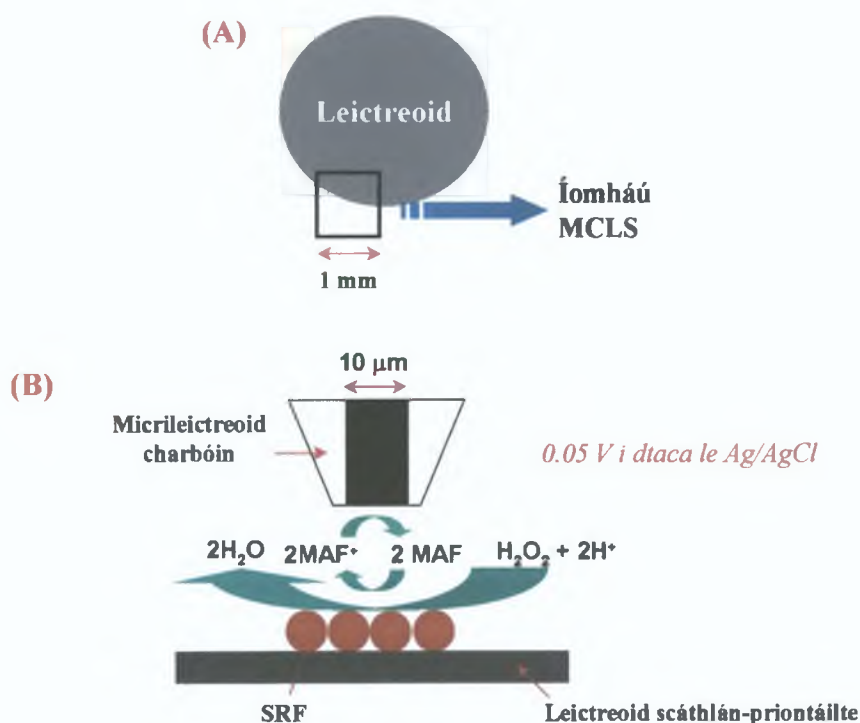
Rinne Annika Ainslie in 'Inverness Medical Ltd.', Inverness, Albain, An Ríocht Aontaithe, tomhais ar na huilinneacha theagmhála uiscithe ar leictreoidí gan aon chiseal déleictreach ag baint leo. Cuireadh braon 2 μ l d'uisce dí-ianaithe ar dhromchla na leictreoidé agus tomhsaíodh na huilinn teagmhála uiscí le bogearraí 'VCA Optima.' Baineadh na tomhais ar na teannas dromchlacha amach leis an modh chéanna ar na braonta chéanna.

2.3.16 Próifilméadracht stíleasach

Rinne Jean-Marc Sabbatié i Scoil na hEolaíochta Fisicí na tomhais phróifilméadracha stíleasacha. Chun próifilméadracht stíleasach a dhéanamh, caithfeadh go mbeadh céimeanna ar an dhá thaobh den shampla. Cé nach mbeadh céim mar seo i láthair ar leictreoid clúdaithe go leictriceimiceach, cuireadh téip insliúcháin leis an dá thaobh de dhromchla na leictreoidé oibre, ionas nach raibh ach banda fágtha ar oscailt a d'fhéadfaí polaiméir a chur leis. Deascadh an pholaiméir leis an leictreoid maidir le Mír 2.3.5.1.

2.3.17 Íomháú de bhraiteoirí SRF le micreascópacht leictriceimiceach scanacháin

Rinne Yu Hirano agus a chomhoibrithe i Roinn na hInnealtóireachta Bithmhóilíneacha in Ollscoil Tohoku sa Sheapáin an mhicreascópacht leictriceimiceach scanacháin. Tá an córas turgnaimhe léirithe i bhFigiúr 2.8. Baineadh tomhais amach i dtuaslagán de 0.2 M fosfáit sóidiam (pH 7), 0.1 M KCl, 1 mM meatanól fearóicéine (MAF) and 0.5 mM H_2O_2 . Scanadh micrileictreoid charbóin 10 μm trasna thar rhannóg 1 mm x 1 mm den shampla, ag ráta scanta de 50 $\mu\text{m/s}$.



Figiúr 2.8: Scéim do thomhas chun ghíomhaíocht SRF a haimsiú le MLCS, a thaispéanann an ceantar den leictreoid a rinneadh anailís air (A), chomh maith le scéim an thomhais (B).

2.3.18 Tomhais fhriotaíocha

Úsáideadh tóireadór déphointe agus voltmhéadar digiteach chun tomhais a dhéanamh ar bhunfhriotaíocht leictreoidí clúdaithe le scannáin pholaiméire. Rinneadh tomhais ó himeall an chosáin airgid go dtí lár-phointe an dhromchla braiteora. De bharr an modh anailíse seo, ní mó a thabhairt faoi deara gurbh fhéidir le héifeachtaí fhriotaíochta theagmhála cur isteach ar na tomhais fhriotaíochta seo.

Caibidil a Trí

**Táirgeadh agus Carachtaracht ar
Leictreoid Thaos Charbóin
Scáthlán Phriontáilte**

3.1 RÉAMHRÁ

Is iad roinnt de na tréithí a luaitear go rialta go bhfuil siad tábhachtach chun bithbhraiteoirí mhaithe a ullmhú ná costas íseal, cumas il-táirgeadh a bhaint amach leo, atáirgeadh, agus b'fhéidir an ceann is bunúsaí, sé sin simplíocht. Cé gurbh fhéidir raon de hábhair bunaithe ar charbón a úsáid mar leictreoidí oibrithe, ní mó nósanna glanta agus réamhchóireála a dhéanamh orthu chun iad a ghníomhú sular bhaintear úsáid astu i gcórais anailiticiúla [124]. Dá bhrí sin, is minic nach mbaintear ach úsáid amháin as na leictreoidí sholadacha seo sular caithfí na próiséis ghlanta agus réamhchóireála a dhéanamh arís chun a ndromchlaí a hathghiniú. Le teicneolaíochtaí thiúscannáin cuirtear léibhéil mhicriméadracha de hábhair sheoltacha agus neamhsheoltacha le dromchlaí. Is fo-thacar den theicneolaíocht seo é scáthlán-priontáil. Le linn an deich mbliana seo leanas, tá aird tugtha ar an teicníocht seo mar mhodh chun gléasanna sochaiteacha a tháirgeadh a bheadh in ann na coinníollacha thuas maidir le forbairt bithbhraiteoirí a shásamh. Go dtí seo, d'éirigh go maith leis na leictreoidí seo ó thaobh na tráchtála de, mar shampla, trí stiallacha braiteora sochaite a tháirgeadh do ghlúcós [125].

San obair seo, dearcadh agus forbraíodh leictreoidí scáthlán-priontáilte le haghaidh feidhmeanna bithbhraiteora aon-úsáideacha a bhaint astu. Go rialta, baintear úsáid as dhá short de foshraitheanna chun scáthlán-priontáil a bhaint amach ar leictreoidí; ábhair bunaithe ar cheirmigh nó ar phlaistigh. Ní mó go mbeadh na hairí seo leanas ag baint le foshraith idéalach: cobhsaíocht meicniúil agus teirmeach, neodracht leictreach agus comhoiriúnachas maidir le greamaitheacht dúigh agus ábhair phriontáilte. Ní mó leasú ag teochtaí dhifriúla a bhaint amach ar dhúigh phriontáilte; i gcás foshraitheanna bunaithe ar cheirmigh, ní mó céim báciaile a dhéanamh ag teochtaí airde le linn an bpróiseas táirgeach chomh maith. Tá na leictreoidí san obair seo bunaithe ar foshraith phlaisteach, PET, a dhéanann gléasanna sochaite neamhchostasacha de na leictreoidí phriontáilte.

Ba é an taos carbóin a úsáidtear chun leictreoidí a ullmhú ná dúch “biosensor grade” polaiméire (C10903D14) atá ar fáil go tráchtála ó ‘Gwent Electronic Materials’. Rinne Wang *et al.* anailís ar an dúch seo cheana féin i staidéar comparáideach ar dhúigh thráchtála do phróisis bhithbhraiteora [126]. Thaispeán an dúch seo gníomhaíocht leictriceimice fábhreach, cé go raibh sruthanna iarmharacha

airde ag baint leis agus deir na húdár go mbeadh an dúch seo níos oiriúnaí do hobair ampéarmhéadrach in ionad voltmhéadrach, cé nach cuireann sruthanna cúlracha isteach is mó ar aimpéarmhéadracht. Mar is gnath le dúigh thráchtála, tá foirmliú an thaois carbóin dílseánaithe agus is beag eolas atá ar fáil ar ghníomhaithe leictreoidí ar dhromchla na leictreoidí a ullmhaítear leis an dúch. Ní mó comhcoibhneas a dhéanamh idir an iompar leictriceimiceach seo chomh maith leis an gceimic dhromchlach chasta agus na micreastruchtúir de na leictreoidí phriontáilte, chun an gaol idir struchtúr agus imoibriú na leictreoidí phriontáilte a fhiosrú agus chun tuiscint níos cruinne a fháil faoi nádúr na himoibrithe LSP go ginearálta. Tá tionchar dosheacainte ag coinníollacha táirgeacha na leictreoidí ar na himoibrithe seo. Dá bhrí sin, rinneadh optamú san obair seo ar roinnt paraiméadair den phróiseas priontáilte chun an dromchla carbóin is iomoirí a tháirgeadh.

Trí charachtaracht micreastruchtúir agus leictriceimiceach a dhéanamh ar na leictreoidí seo, d'fhéadfaí léargas a fháil ar a n-imoibriú leictranailiseacha. Tá an-tionchar ag na factóirí seo ar fheidhm dheiridh na leictreoidí agus dá bhrí sin bheadh na leictreoidí is imoibrí agus is atáirgeach mar thoradh ar hoptamú agus rialú a dhéanamh ar na factóirí seo. Déanfar cur síos ar an éifeacht a bhaineann le paraiméadair cosúil le slaodacht, teocht agus am na leasú ar na tréith leictriceimiceacha agus fisiceacha den thaos carbóin. Chomh maith le sin, trí chéim réamhchóireála leictriceimice a dhéanamh sular bhaintear úsáid as na leictreoidí i scrúdaithe leictriceimiceacha, táirgeadh leictreoidí le feidhmeanna níos airde. Rinneadh carachtaracht feidhmiúil, fisiciúil agus ceimiceach ar leictreoidí neamhchóireáilte agus réamhchóráilte chun fiosruithe a dhéanamh ar thionchar an phróisis réamhchórála seo. Rinneadh comparáid idir LSP agus LCG agus rinneadh anailísí ar an tionchar a bhí ag na difríochtaí a bhí eatarthu ó thaobh na cruthú agus na castacht de ar a n-imoibríochtaí leictriceimiceacha. Ar deirigh, cabhraíonn carachtarachaí mar seo le feidhmeanna na leictreoidí a hoptamú, chun an bithbhraiteoir is íogaire agus is atáirgeach a tháirgeadh.

3.2 TORTHAÍ AGUS PLÉ

3.2.1 Tionchar slaodacht na ndúigh ar leictreoidí

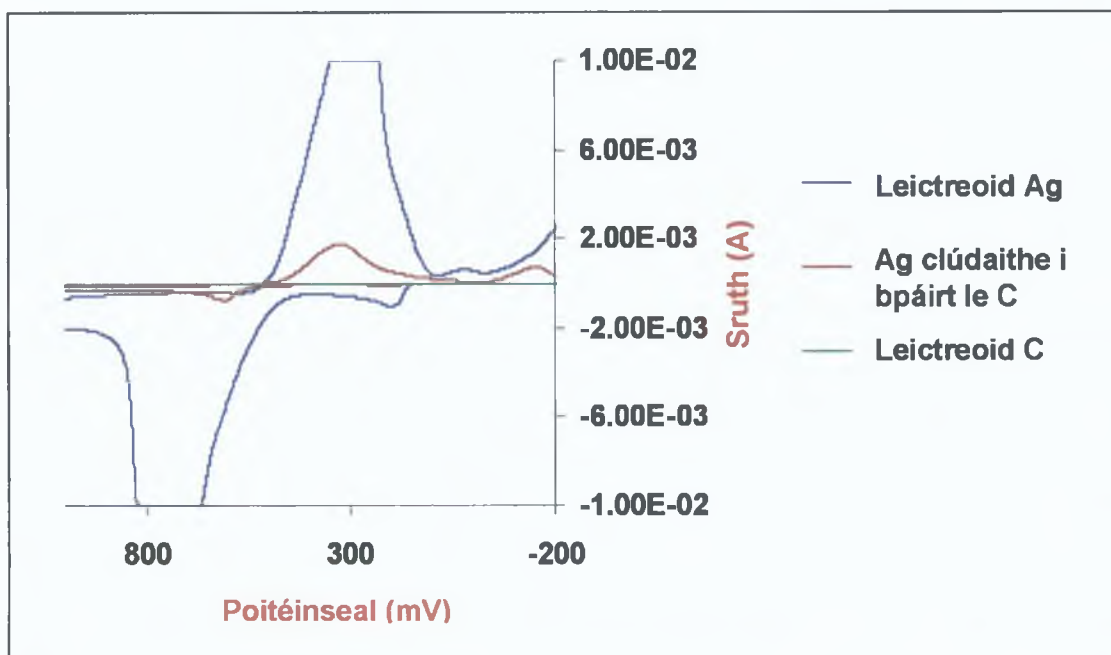
Tá slaodacht na ndúigh (sé sin, tomhas ar a bhfriotaíocht i ndiaidh shreafa) fíorthábhachtach do chúrsaí scáthlán-priontáilte, cé gur chaithfeadh go mbeadh carachtaracht fóirsteanach ag dúch chun deascáin atáigeacha a bhaint amach leis [93]. Ní shreabhadh dúch le droch sreabh, sé sin, dúch le slaodacht ard, amach tar éis an priontáil a dhéanamh, chun patrún na mogaille a bhaint amach den scannán priontáilte. Os a choinne sin, dá mbeadh slaodacht íseal ag baint le dúch, d'fhéadfadh gur tharlódh boilgearnacht nó priontáil smearaithe. De dheasca a gcomhshuíomh cáithníní dúchasacha, bíonn iompair neamh-idéalacha (sé sin, neamh-Niútánacha) ag baint leis an gcuid is mó de dhúigh, go háirithe na dúigh atá bunaithe ar charbón le cáithníní ghraifite de mhéideanna difriúla iontu. Dá bhrí sin, brathann méid na mogaille ar chomhshuíomh an thaois charbóin. Má úsáidtear méid mór de mhogall (sé sin, níos mó snáithe sa cheintiméadar), d'fhéadfaí an mogall a bhlocadh le dúch a bhfuil slaodacht mhóir ag baint leis [81].

Chun priontáil atáirgeach a bhaint amach, ní mó meascán aonchineálach den dhúch a choimeád ó shraith go sraith. Go minic, baintear é sin amach trí phriontáil uathoibríoch a dhéanamh le bos dubailte a úsáid in éineacht leis an scuigí. Báeann an bos seo an scáthlán le dúch díreach roimh an chéad chéim priontáile eile a bhaint amach. Tríd an brú níos airde seo a choimeád leis an dúch, cuireann an bos báite seo cosc ar dhúch dul ar ais chuig a staid slaodach. Bhí bos aonarach á úsáid chun na leictreoidí san obair seo a tháirgeadh. Ach d'fhéadfaí bá láimhe a bhaint amach tríd an scuigí a dhealadh den ionstraim agus í a úsáid chun dúch a haistriú go láimhe sa threo eile den phriontáil. Cé go raibh an modh seo anásta agus cé gur thóg sé níos mó am chun é a bhaint amach, cuirtear feabhas ar chlúdú na leictreoidí le dúigh. Maidir le leictreoidí nach raibh báite, is minic a raibh achair neamhphriontáilte, cosúil le cisil den chosán seoltach, le feiceáil tríd an taos carbóin. Bhí freagairtí chúlracha ag baint leis na leictreoidí seo i dtuaslagáin aigéadacha, a dóigh gur ghineadh iad de bharr an gníomhú atá léirithe i gcothromóid 3.1:



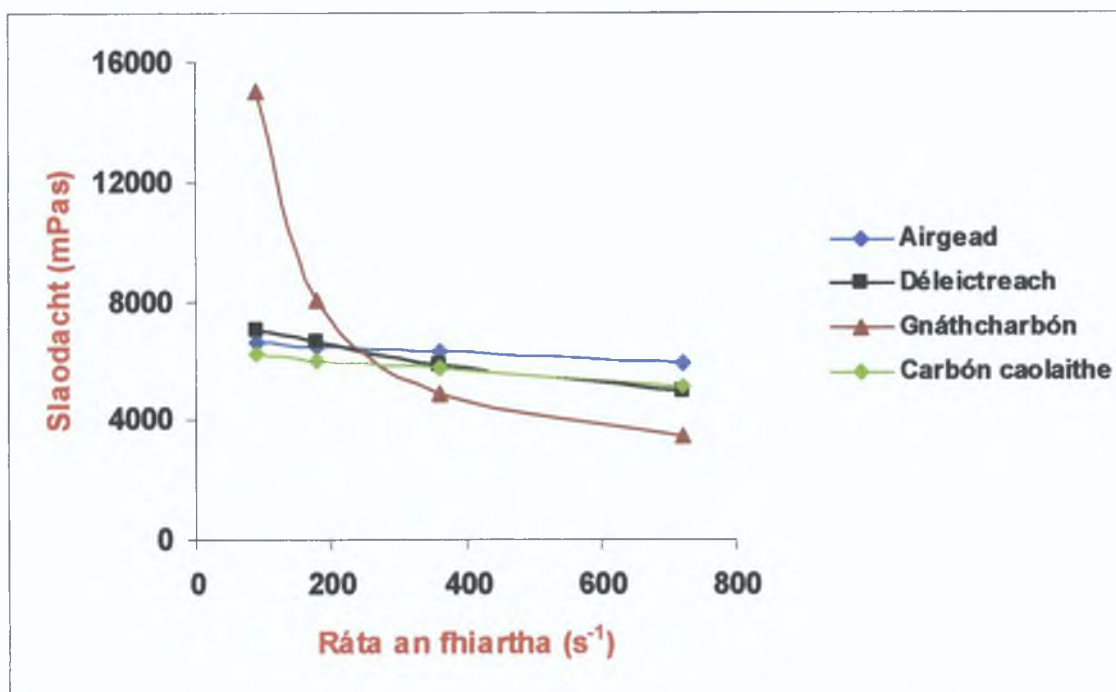
[Cothromóid 3.1]

Tá comparáid déanta idir na bhfreagairtí chúlra de leictreoid airgid, leictreoid airgid a bhí leathchlúdaithe le carbón agus leictreoid airgid a bhí clúdaithe go hiomlán le carbón, léirithe i bhFigiúr 3.1. D'imoibrigh an airgead le H_2SO_4 chun éine airgid a ghineadh, a bhí athdheasctha mar airgead sa chúl-ciogal. Tá tuairiscí ann gur tháinig salach ar chórais bhraiteora eile mar thoradh ar an gciseal airgid seo. Mar shampla, thug Kröger agus Turner faoi deara gur tháinig salach ar a gcuid leictreoidí charbóin i leictrilít chúlra KCl [89]. Mhol na húdair gur imoibrigh na héine clóirídeacha sa thuaslagán leis an gcosán seoltach airgid agus gur ghineadh na buaice trasnaíochta seo mar thoradh ar sin. De dheasca sin, shocraigh na húdair ar chosán carbóin a úsáid in ionad cosán airgid. Mar sin, tá an tábhachtacht a bhaineann le clúdach a chur ar na cosáin sheoltacha atá comhdhéanta as ábhair dhifriúla soiléir. Tá cuntas níos cruinne ar an tionchar a bhí ag an gcosán seoltach airgid ar fheidhm an bhraiteora déanta i Mír 3.2.4, maidir le réamhchóireáil na leictreoidí.



Figúir 3.1: Voltmhéadagramma cioglacha de leictreoidí scáthlán-phriontáilte carbóin, airgid agus leictreoid airgid a bhí clúdaithe i bpáirt le carbón i 0.2 M H_2SO_4 (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s). Méadaigh déine na buaice don chúpla rédoicse airgid le méadaithe sa mhéid airgid a bhí nochtá.

Cé gurbh fhéidir smacht a chur ar thiús na scannáin priontáilte le linn an priontáil trí bhrú, géire agus uileann an scuígi a hathrú, de gnáth táirgítear scannáin le tiúis faoi 30 μm (Nollaig MacCártaigh, 'Miller Group Ltd.', teagmháil pearsanta). De bharr slaodacht na ndúigh airgid agus déleictriceacha, níor bhlocáil siad mogall an scáthlái tar éis sraitheanna baisce de 50 ciogail phriontáilte as a chéile a bhaint amach. Bhí na dúigh seo idéalach maidir le méid an mhogaill a roghnaíodh (sé sin, 77 T). Nuair a phriontáileadh iad trí scáthlán 150 T, blocáileadh an mogall ag an dúch carbóin tar éis aon shraith amháin. Ní féidir glacadh le seo le haghaidh oll-táirgeadh a bhaint amach ar leictreoidí i dtréimshe bheag. Tá cuair shlaodacha do na dúigh charbóin, airgid agus dhéleictreacha léirthe i bhFigiúr 3.2.



Figiúr 3.2: Cuair shlaodachta do na dúigh thráchtála airgid, déleictreach agus taos carbóin a úsáidtear i dtáirgeadh na leictreoidí. Laghdaítear slaodacht an dhúigh taos carbóin go mór i gcomparáid le dúch neamhcaolaithe, tríd é a chaolú leis an tuaslagóir vinile Sericol®.

Bhí iompar slaodacht an dhúigh airgid cosúil le hiompar an dhúigh déleictreach agus bhí an dhá cheann oiriúnach do mhéid 77 T an mhogaill sa scáthlán. Bhí slaodacht níos airde ag baint leis an taos carbóin i gcomparáid leis na dúigh eile,

b'fhéidir de dheasca a chruthú cáithníníeach mar is eol go bhfuil méid áirithe de cháithníní ghraifiteacha sa dhúch, a bhfuil méideanna mhéanacha ag baint leo. Gan dul as, tharla blocáilte sa mhogall mar thoradh ar seo agus is minic a bhí dhá chhlúdacha ag teastáil chun clúdú éifeachtach a chur ar na leictreoidí. Chomh maith le sin, bhí nósanna glanta ag teastáil idir na sraithe agus dá bhrí sin bhí na táirgí bhaisce íseal. Baintear úsáid as oibreáin chaolaithe chun slaodacht na ndúigh scáthlán-priontáile a laghdú. Chun iarracht a dhéanamh caractaracht sreabha an dhúigh carbóin a fheabhsú, caoladh na samplaí le Sericol® (tuaslagóir bunaithe ar vinil); 1 g taos carbóin do 10 ml Sericol®. Laghdaigh sé seo slaodacht an dhúigh, mar atá léirithe i *bhFigiúr 3.2* agus dá bhrí sin, cuireadh feabhas ar chhlúdú na leictreoidí agus gineadh táirge baisce níos airde. Ach bhí feidhm na leictreoidí thíos leis na mionathruithe seo áfach. Cuireadh leictreoidí a bhí mionathruithe le PANI/PVS agus 0.5 mg/ml SRF sa chill bhaisce agus ansin cuireadh H₂O₂ i 0.1 M TME, pH 6.8 leo, maidir le Mír 2.3.10.1. Trí shlaodacht an thaois charbóin a laghdú tríd é a chaolú le Sericol®, baineadh aschuir aimpéarmhéadracha de ca. 6 µA amach, a bhí níos ísle ná na haschuir a bhaineadh amach le taos neamhathruithe (ca. 52 µA), d'ainneoinn nósanna réamhchóireála a dhéanamh ar na leictreoidí, a ghineadh aschuir de ca. 7 µA. Cúis amháin do na laghdaithe seo ná gur fágadh an carbón mar chiseal sobhrise nuair a ghaladh tuaslagóir le linn an phróisis leasú agus d'fhéadfadh gur chur sé sin isteach ar idirceangailt an thaois iomláine. De rogha air sin, d'fhéadfadh gur dheascadh scannán ar an dromchla seoltach de bharr na galaithe seo, a shalaigh gníomhaíocht na leictreoidí nó a chur isteach ar nascadh an scannán PANI/PVS. Má tharla se sin, ní raibh nósanna réamhchóireála, maidir le Mír 2.3.4, in ann an scannán seo a bhaint den leictreoid.

Slí amháin chun fabhanna eilliúchána ón gcosán seoltach airgead a sheachaint ná trí úsáid a bhaint as an réiteach a d'úsáid Kröger agus Turner [89], sé sin, tríd an dhúigh carbóin Gwent, a úsáidtear chun dromchlaí na leictreoidí oibrithe a chruthú, a úsáid in ionad an dhúigh airgead. Tríd aon dhúch amháin a úsáid don chosán seoltach agus do dhromchla na leictreoidí oibre, laghdófar costas an tháirgeadh. Bhain Erlenkötter *et al.* úsáid as carbón don chosán seoltach dá LSP, ina raibh leictreoidí oibrithe, thagartha agus chúntacha ar aon bhord amháin acu [73]. San obair seo, rinneadh fiosrú ar fhriotaíocht leictreoidí charbóin inar phriontáileadh na cosáin sheoltacha le carbón agus airgead, leis an teicníc dhá-thóireadóire. Ní hionann is

an fhriotaíocht 2.13Ω a bhain leis na leictreoidí le cosán seoltach airgid, tháirg leictreoidí leis an dúch carbóin don chosán seoltach leictreoidí le friotaíochtaí i bhfad níos mó ná iad, sé sin $0.58 \text{ k}\Omega$, ag baint leo. D'athraigh an méadú dhá oiread sin airí thraschuir luchta na leictreoidí phriontáilte agus de dheasca sin an braiteoir, do dhuchtrach. Dá bhrí sin, ba cheart dúch airgid ar leith a úsáid don chosán seoltach, d'ainneoinn na costais tháirgeacha níos airde. De dheasca sin, úsáideadh airgead mar an dúch seoltach do tháirgeadh leictreoidí as sin amach. Tugann an obair seo le fios go bhfuil roghnú an chosáin seoltach chomh tábhachtach is atá roghnú an dhúigh do dhromchla na leictreoidí oibre, ó thaobh dearcadh na LSP de.

3.2.2 Tionchar an teocht leasaithe ar leictreoidí

Cé nach bhfuil an theicníocht scáthlán-priontáil casta ó thaobh na hionstraime de, ní mó paraiméadair a d'fhéadfaí a hathrú agus a hoptamú maidir le leictreoidí a tháirgeadh. Is féidir an brú agus an luas ina thrasnaíonn an scuigí rubair an scáthlán a hathrú, chomh maith le toirt an dhúigh a dheascadh ar an scáthlán. Ach ní mó an brú a uasmhéadú agus an luas priontáile a íoslaghdú chun clúdach oiriúnach de thaos carbóin a chur leis an bhfoshraith. Nuair a chuireadh toirteanna méadaithe de dhúigh leis an scáthlán, nior fheabhasaíodh na clúdaithe, cé gur tharla blocáilte sa mhogall tar éis do chúpla sraitheanna a bhaint amach, in ainneoin toirt an dhúigh a dheascadh. Dá bhrí sin, b'é an t-aon optamú amháin a d'fhéadfaí a dhéanamh ná ar am agus teocht na leasú tar éis an priontáil a bhaint amach. Tá dílseánacht ag baint le foirmliú an dhúigh thaois charbóin agus dá bhrí sin ní fios céard atá ann go cruinn. Ach de gnáth bíonn comhábhair bhunúsacha i ndúigh carbóin; graifít de ghrád sintéiseach, ceanglóir polaiméire bunaithe ar vinil nó ar eapocsach, tuaslagóir chun an slaodacht a fheabhsú agus roinnt breiseáin eile atá fábhach don phróiseas priontáile. B'é an baint atá ag an gceanglóir ná chun finíocht an dhúigh don fhoshraith a mhéadú, chomh maith lena fuinnimh meicniúil. Cé gur gháladh aon thuaslagóir sa dhúch go luath sa phróiseas teasa, d'fhéadfadh nach mbeadh tionchar ag méadaithe sa theocht leasaithe ach amháin ar na comhpháirteanna eile den dhúch agus an gaol a bhí eatarthu; go háirithe idir an ceanglóir agus na cáithníní ghraifíte.

3.2.2.1 Tomhais fhriotaíocha

Níor athraigh friotaíocht na leictreoidí a tháirgeadh le dúigh charbóin a phriontáileadh ag raon de theochtaí leasaithe, mar a thaispeántar i *dTabla 3.1*.

Tabla 3.1: Tionchar teocht an leasú ar fhriotaíocht na LSP.

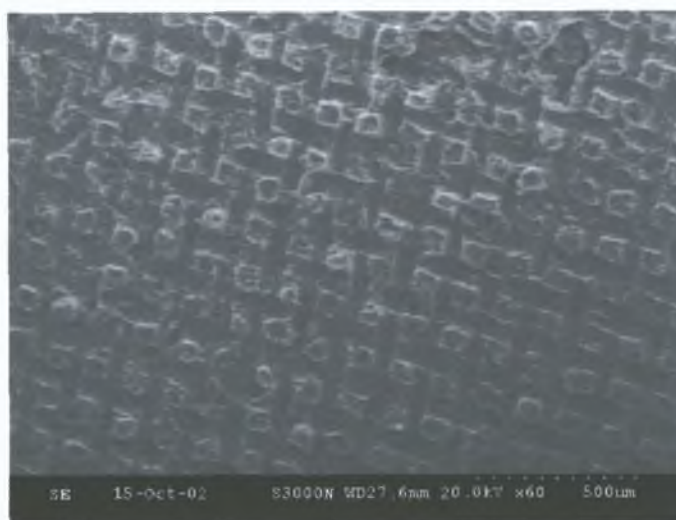
Teocht an Leasú (°C)	Friotaíocht (Ω)
24	30.578
40	21.298
80	12.110
150	2.530
200	2.171

Tugadh laghdaithe fhórasacha sa fhriotaíocht ó 30 Ω go 2 Ω faoi deara le méadaithe sa theocht leasaithe ó 24 °C go 150 °C, ina dhiaidh sin ní raibh ach laghdaithe bheaga sa fhriotaíocht. De bharr an gaol inbhéartach idir friotaíocht agus seoltacht, is léir go raibh leictreoidí a bhí leasaithe ag teochtaí leasú níos airde, níos seoltaí. D'fhéadfadh go mbeadh dianscaoilte teirmeach nó hath-struchturú den cheanglóir polaiméire neamh-sheoltach den thaos carbóin a úsáidtear le táirgeadh na leictreoidí, freagrach as na laghdaithe maidir le carachtaracht hidreafóbach dromchla na leictreoidí.

3.2.2.2 Anailís mhicreascópach thóireadóire scanacháine

3.2.2.2.1 Anailís leictreonmhicreascópach scanacháine

Tháirg anailís MLS íomhánna dhinnseachacha de gnáth LSP, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 3.3*, a thaispeánann conas a haistríodh patrún mogallach den scáthlán chuig an leictreoid críochnaithe i ndiaidh an próiseas priontála. Thug an mogall seo céim míothroime do dhromchla na leictreoid, a d'fhéadfadh cur isteach ar feidhmeanna na leictreoidí. Rinneadh tomhais chainníocha ar an míothroimeacht seo le MFA agus déanfar plé air i Mír 3.2.2.2.2.



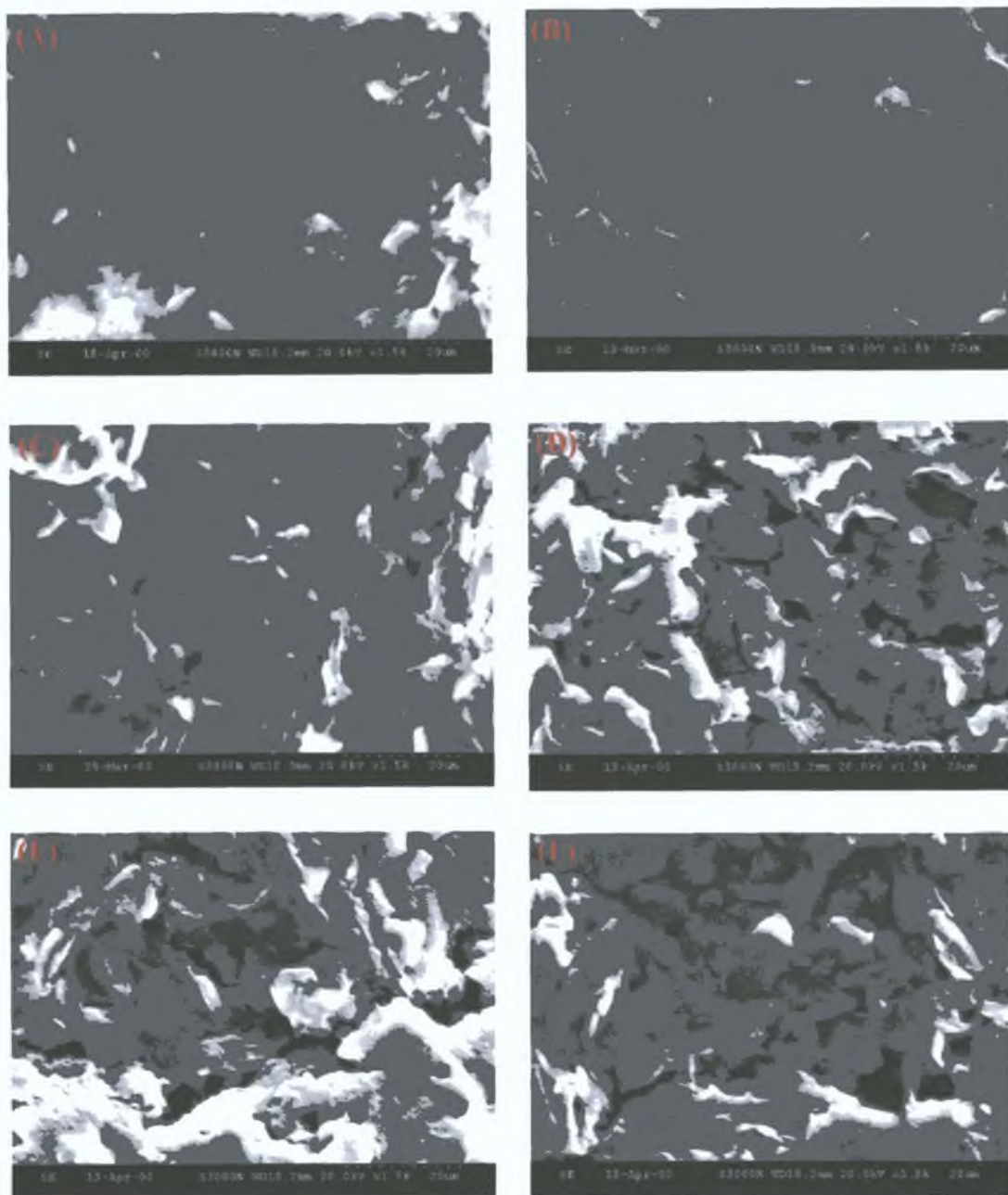
Figiúr 3.3: Íomhá LMS de LSP, a thaispeánann conas a haistrigh an patrún crois-crosta den mhogall don dhúch le linn an próiseas priontála (60 x formbheadú, modh brathóra LT).

Cheap údair cosúil le Newman *et al.* nach raibh baint ag méadaithe sa theocht leasaithe ach amháin chun an próiseas leasú a luathú [127]. Ach bhí sé soiléir san obair seo áfach, go raibh deilbheolaíochtaí agus iompartha leictriceimice difriúla ag baint le dromchlaí thaos charbóin a leasaíodh ag teochtaí dhifriúla. Rinneadh staidéar ar theocht an leasú thar raon de theochtaí ó teocht an tseomra (ca. 24 °C) go 200 °C. Bhí díchumacha sa fhoshraith PET mar thoradh ar leasú ag teochtaí níos airde na seo. Ag na teochtaí leasaithe is ísle, bhí na leictreoidí mhín, gan mórán scoilteanna nó

claiseanna iontu, mar a thugadh faoi deara le LMS (*Figiúr 3.4(A) – 3.4(B)*). Baineadh cóipeanna de na tomhais seo amach agus is gnáthshamplaí iad na samplaí seo, mar aon le samplaí a thaispeánfar as seo amach. Nuair a mhéadaítear an teocht leasaithe, méadaítear nádúr micreacáithnéach an thaois charbóin freisin agus bhí géire níos cruinne ag baint le himeall na cáithníní ghraifíte (*Figiúr 3.4(C) – 3.4(F)*). Bhí struchtúr micreascagach ag baint le dromchla na leictreoidé, a bhí comhdhéanta as calóga charbóin ina raibh méid agus dáileadh neamhionann ag baint leo agus a bhí idir 5 μm agus 15 μm ar mhéid. Bhí ná scaoilteanna agus na claiseanna seo i gcomhréir le dhianscaoileadh an ceanglóir polaiméire, agus b'iad géire níos cruinne agus dromchla-achar níos airde, na torthaí den brhóiseas seo. Ag teochtaí leasaithe níos ísle, bheadh na cáithníní charbóin scaipithe sa mhaitrís pholaiméire agus dá bhrí sin, níor cruthaíodh an méid sin d'achair sheoltacha ar an dromchla. Bhí sé seo i gcomhréir le laghdaithe sna tomhais sheoltacha do leictreoidí a bhí leasaithe ag teochtaí níos ísle, maidir le Mír 3.2.2.1. D'fhéadfaí a rá nach raibh na cáithníní charbóin insroichte ag dromchla na leictreoidé agus nár chruthaigh siad cosáin sheoltacha sa scannán. Chomh maith le sin, b'fhéidir go raibh déleictreachas ag baint leis an gceanglóir sa dhúch agus mar sin, d'fhéadfadh gur laghdaigh sé seo seoltachas dromchla na leictreoidé oibre iomlán. Bhí laghdaithe sa sheoltacht soiléir ó luchtú íomhánna LSM do leictreoidí a bhí leasaithe ag 40 °C nó ag teochtaí níos ísle ná seo.

3.2.2.2.2 *Anailís mhicreascópach fhórsa adamach*

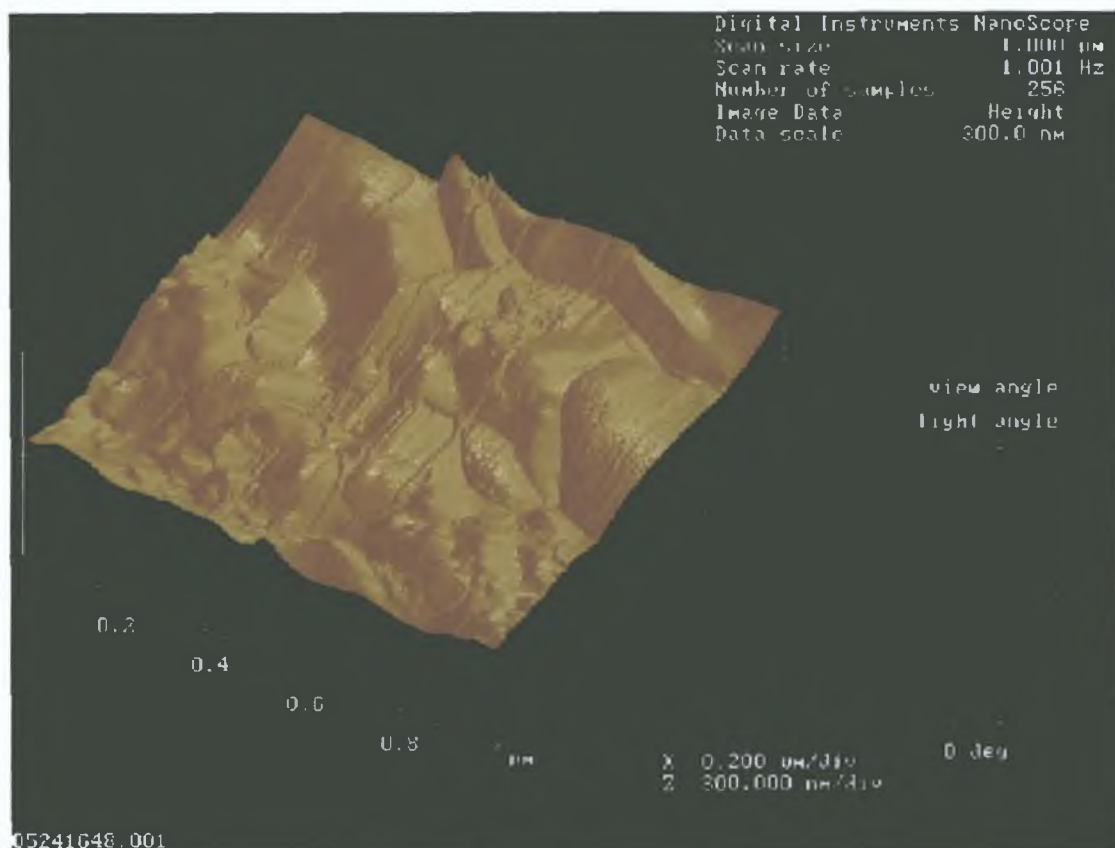
Trí anailís MFA a dhéanamh ar dhromchla na leictreoidé, bhíodhas in ann na fórsaí chomhéadanacha a thomhas chomh maith le híomhánna de dhromchla na leictreoidí ag an scála adamach a bhaint amach [128]. San ionstraim MFA, baintear úsáid as ábhar písileictreach chun gob SiNi ag bun starmhaide a thaisteal thar dhromchla na leictreoidé. Athraíonn an fórsa idir an gob agus an leictreoid maidir le suíomh agus brathtar na hathraithe seo trí shraonta sa starmhaide agus gintear íomhá deilbheolaíoch de dhromchla na leictreoidé. Is féidir trí shórt de thomhais a bhaint amach atá bunaithe ar thrí mhodhanna oibrithe dhifriúla; an modh teagmhála, an modh neamhteagmhála agus an modh cnagtha.



Figúir 3.4: Micreagrafanna leictreoin scannacháin de dhromchla imoibríoch carbóin na LSP a leasaíodh le teochtaí difriúla (1,500 x formhéadú, modh brathóra LT); (A) teocht an tseomra, (B) 40 °C, (C) 60 °C, (D) 80 °C, (E) 150 °C agus (F) 200 °C. Nuair a leasaíodh an taos ag teocht an tseomra, bhí dinnseanchas míne ag baint leis an dromchla, gan aon géire soiléir de cháithníní ghraifíte; (A). Mar a mhéadaíodh teocht an leasú go 80 °C, bhí cuma níos géire ag baint le caolta na cáithníní; (B) agus (C). Ag teochtaí leasaithe de 120 °C, d'fhéadfaí scoilte sa thaos carbóin a fheiscint, rud a chur le dromchla-achar graifíte níos éifeachtaí; (D), (E) agus (F).

Sa mhodh theagmhála de MFA bíonn an gob i dteagmháil leis an dromchla le linn an tomhais iomláine agus gintear na híomhánna trí shraonta sa stairmhaide a thomais de bharr méadaithe nó laghdaithe sa fhórsa idir an dromchla agus an gob. Sa mhodh neamhtheagmhála, coiméadtar an gob 500 – 1500 nm os cionn dromchla na leictreoid agus gintear na tomhais de bharr na fórsaí van der Waals idir an sampla agus an gob a bhrath. Sa mhodh cnagtha, ascalaítear an stairmhaide os cionn dromchla na leictreoid. Scantar an gob thar dhromchla na leictreoid agus nuair a bhuaileann an gob an leictreoid, cuirtear moill ar an ascalú agus trí na difríochtaí sin a thomhais, ghintear íomhá den dhromchla.

Tá gháthíomha de LSP a bhí leasaithe ag 150 °C léirithe i *bhFigiúr 3.5*. Ba léir ón micreagraf seo, go raibh nádúr droimneach agus micreacáithníneach soiléir ag léibhéalta fomhicreach chomh maith. Ba é meánmhíchothroime an dromchla seo ná 49.047 nm, luach ard i gcomparáid le dromchlaí eile. Tá comparáid déanta idir míchothroime an leictreoid seo agus LCG déanta i Mír 3.2.5.2.



Figiúr 3.5: Íomhá MFA de LSP a leasaiodh ag 150 °C, a thaispeánann an clúdach droimneach de thaos carbóin atá ar an leictreoid (modh neamhtheagmhála).

3.2.2.3 Tomhais ar na huillinneacha theagmhála

Rinneadh tomhais ar na huillinneacha theagmhála ar dhromchlaí na leictreoidí chun an céim idirghníomhaithe idir dromchla na leictreoidé agus braon d'uisce driogtha a bhí deasctha ar dhromchla na leictreoidé a fhiosrú. Tig leis na tomhais seo eolas faoi nádúr nasctha ceimice na cisil uachtaracha den dhromchla a chur ar fáil. Tugadh sé seo eolas faoin infhliuchtacht agus faoi na hairí ghreamaithe de dhromchla na leictreoidé, chomh maith leis an méid de hidreafóbacht nó hidrefileacht a bhain leis an leictreoid; airí a bhfuil baint acu le airí chlúdacha na leictreoidé. D'fhéadfaí tomhais a thabhairt faoi deara ar an teannas comhéadanach idir an dromchla agus an tuaslagóir. Bíonn uilinn theagmhála níos airde ag baint le dromchlaí le dromchla-fuinnimh níos lú agus tá a mhalairt fíor maidir le huilinn theagmhála níos ísle. De bharr an dromchla-fuinneamh íseal a bhain leis an gciseal insliúcháin déleictreach den leictreoid, tháinig boilgeoga ar an mbraon 2 μ l d'uisce driogtha le dromchla na leictreoidé agus cruthadh uilinn theagmhála níos airde ná 90°. Dá bhrí sin bhí sé deacair difreáil a dhéanamh idir leictreoidí ó thaobh na cruinneas de. De dheasca sin, baineadh tomhais uilinn theagmhála amach ar LSP a ullmhaíodh gan an ciseal seo.

Bhí uilinn theagmhála ard ag baint le gach sampla, a thaispeán go raibh hidreafóbacht ard agus drochinfhliuchtacht ag baint leis na LSP. Ach, is amhlaidh an cás seo ná mar a bhaineann le leictreoidí thráchtála atá bunaithe ar charbóin a rinneadh anailís orthu leis an gcóras chéanna (Annika Ainslie, 'Inverness Medical Ltd.,' teagmháil pearsanta). Rinneadh fiosrú ar thionchar teocht an leasú ar iompar dromchla na leictreoidé, ina fhuaireadh amach gur bhrath na meánuilinn theagmhála ar theocht an leasú, mar atá léirithe i dTábla 3.2.

Laghdaigh an meánuileann theagmhála idir an braon d'uisce agus dromchla na leictreoidé i slí líneach le méadaithe sa theocht leasaithe (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = -0.0753x + 85.614$, $r^2 = 0.9585$). Baineadh luach de 84.33° ($\pm 6.54^\circ$) amach do leictreoidí a leasadh ag teocht an tseomra agus laghdaigh an luach seo go 75.34° ($\pm 10.54^\circ$) do leictreoidí a leasadh ag 150 °C. Dá bhrí sin bhí dromchlaí níos hidrifíli ó thaobh na nádúrtha de ag baint le leictreoidí a leasadh ag teochtaí níos airde agus de dheasca sin, ní bheadh siad chomh doshroichte do chomhdhúl sa thuaslagán [129]. D'fhéadfadh go mbeadh baint ag dianscaoileadh an ceanglóir polaiméire le seo, mar d'fhéadfadh gur chur sé seo le hidreafóbacht na leictreoidí.

Tábla 3.2: An gaol idir teocht an leasú agus an uilinn theagmhála d'uiscí (n = 3).

Teocht an leasú (°C)	Meánuilinn teagmhála (°)	D.c. (°)	dcc (%)
24	84.33	6.54	7.75
40	82.74	9.63	11.64
80	78.83	6.76	8.58
120	75.67	10.83	14.31
150	75.34	10.54	13.99

Is iad díchothroimeacht dromchlach [130] agus/nó athraithe i nádúr ceimiceach an dromchla atá freagrach as laghdaithe san uilinn theagmhála [131]. Chruthaigh anailís MSL cheana féin gur mhéadaigh míchothroimeacht na leictreoid le méadaithe sa theocht leasaithe agus d'fhéadfadh go mbeadh sé seo freagrach as na laghdaithe sna huilinneacha theagmhála. Tugann na comhathrithe i méid an bhraoin a dheascadh leis an dromchla míniú faoi luachanna airde na ndiall caighdeánacha coibhneasta (dcc) a bhain leis na tomhais uilinneacha theagmhála seo. Bhí an braon deasctha ag an ionstraim gan idirghabháil ón úsáideoir, ach fós bhí athraithe ó 2.722 μ l go 1.255 μ l idir méid an bhraoin do na tomhais seo. D'fhéadfadh go mbeadh comhathraithe i tsruchtúr an dhromchla freagrach as na luachanna cc airde chomh maith, cé go mbíonn tionchar ag míchothroimeacht an dhromchla ar thomais mar seo. Ón anailís MLS, d'fhéadfaí a thabhairt faoi deara go raibh méid na mbearnaí sa dhromchla ag méadú le méadaithe sa theocht leasaithe. Ach ní raibh aon ghaol líneach soiléir le feiceáil idir na tomhais cc agus teocht an leasú áfach. Bhí dromchla míchothroimeach ag baint le gach leictreoid, in aineoinn na teochtaí leasaithe.

Thug tomhais ar an teannas dromchla a bhain le braon uisce ar na leictreoidí, tacaíocht don ghaol líneach seo idir na huilinneacha theagmhála agus an teocht leasaithe. Baineann luachanna airde de theannas dromchla le dromchlaí níos mó, a bhfuil fuinnimh dhromchla níos airde ag baint leo, ionas gur féidir le móilíní uiscithe imoibrithe níos láidre a dhéanamh leis na dromchlaí seo. In éineacht le seo, léiríonn luachanna ísle de theannas dromchla nach raibh na móilíní in ann imoibrithe chomh láidir sin leis na dromchlaí a bhaint amach agus go raibh nádúr hidreafóbach ag baint

leis na dromchlaí seo. Tá an gaol idir an teannas dromchla agus an teocht leasaithe léirithe i dTábla 3.3, maidir le raon de theochtaí.

Tábla 3.3: An gaol idir teocht an leasú agus teannas dromchla na leictreoidé (n = 3).

Teocht an leasú (°C)	Meántheannas dromchla (dín/cm)	D.C. (dín/cm)	Dcc (%)
24	33.67	4.37	12.98
40	35.17	5.01	14.24
80	37.33	4.01	10.74
120	39.33	6.53	16.59
150	39.50	6.54	16.55

Mhéadaigh an teannas dromchla i sli líneach maidir le méadaithe sa theocht leasaithe (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 0.0472x + 33.093$, $r^2 = 0.9487$). Bhí meántheannas dromchla de 33.67 dín/cm (± 4.37 dín/cm) ag baint le leictreoidí a leasadh ag teocht an tseomra agus meántheannas dromchla de 39.5 dín/cm (± 6.54 dín/cm) ag baint le leictreoidí a leasadh ag 150 °C. Nuair a mhéadaigh teocht an leasú, mhéadaigh teannas dromchla na mbraonta d’uisce, rud a thaispeán go raibh an dromchla ag eirí níos hidrifilí ó thaobh nádúrtha de agus go raibh na móilíní uiscithe in ann idirgníomhaithe níos láidre a dhéanamh leis.

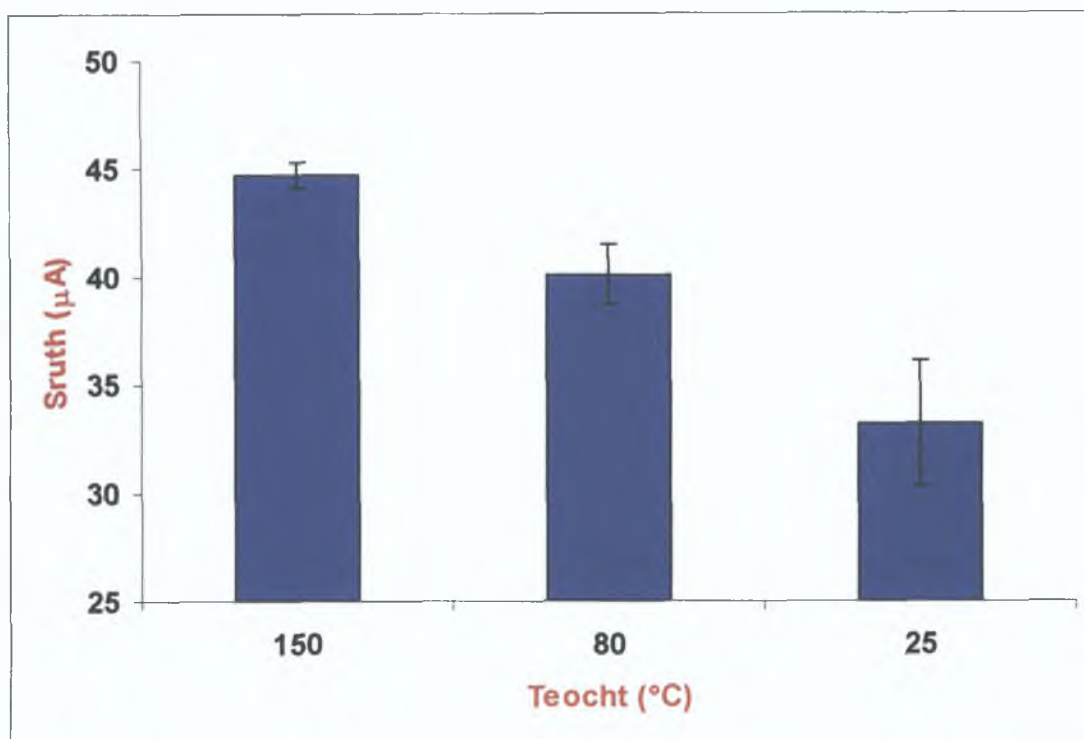
Ní mó cuimhneamh ar na tomhais seo maidir leis na huilinn theagmhála agus na teannais dhromchla nuair atá deascadh comhdhúil cheimice le dromchla na leictreoidé ag teastáil, cé go mbeadh tionchar ag cáilíocht nasctha na dromchla ar éifeachtacht an clúdú dromchla. Tá sé seo thar a bheith tábhachtach maidir le deascadh PANI, a bhí polaiméirithe go ceimiceach, ar dhromchla na leictreoidí, a pléfar níos déanaí i Mír 4.2.2. Nuair a chuireadh próiseas réamhchóireála le próiseas ullmhúchán na leictreoidé, laghdaíodh na huilinn theagmhála agus feabhasadh infhliuchtacht an dromchla. Pléfar é seo i Mír 3.2.4.2.

3.2.2.4 Anailís leictriceimiceach

3.2.2.4.1 Oibriú aimpéarmhéadrach na leictreoidí leasaithe

Cé go mbrathadh méadaithe sna hachair dhromchlaí mhicreascópacha ghraifite éifeachtacha le staidéir dinnseanchacha, rinneadh carachtarachtaí aimpéarmhéadracha freisin chun a fháil amach ar tharla na méadaithe chéanna sna freagairtí leictreacha. Thug Erlenkötter *et al.* cuntas ar a LSP platanaim, ina raibh na cáithníní phlatanaim clúdaithe ag an gceanglóir polaiméire sa dhúch agus dá bhrí sin ní raibh na cáithníní insroichte ó hidirghníomhaithe leictriceimiceacha [73]. Ar an gcuma chéanna d'fhéadfadh gur chludaigh an polaiméir an dúch le linn na nósanna leasaithe agus dá bhrí sin d'fhéadfadh nach raibh siad insroichte ó hidirghníomhaithe leictriceimice.

Rinneadh fiosrú ar oibriú leictriceimiceach na LSP a tháirgeadh le teochtaí leasaithe dhifriúla tríd na leictreoidí a chur sa chóras baisce a léiríodh cheana féin i bhFigiúr 2.1(A), maidir le Mír 2.3.10.1. Tríd an léibhéal chéanna de PANI/PVS (deasctha go dtí gur bhain an chéad buaic ocsaidithe sruth anóideacha thart ar -2.8 mA amach) agus SRF (0.5 mg/ml) a chur ar dromchla na leictreoidé, chomh maith leis an méid chéanna den fhoshraith H_2O_2 (8 mM) a chur leo agus tríd na leictreoidí a hathrú le haghaidh gach tomhas, d'fhéadfaí a rá go raibh athruithe sa dhromchla imoibríoch den leictreoid faoi scrúdú, freagrach as aon athruithe bunúsacha sna freagairtí aimpéarmhéadracha. Mar a mhéadaigh teocht an leasú, mhéadaigh oibriú leictreanailíseach na leictreoidí chomh maith (Figiúr 3.6). Bhí sé seo i gcomhcoibhneas leis an dromchla-achar níos mó a bhí soiléir ó na staidéir anailísí ar dhromchlaí MSL. Bhí sé soiléir freisin gur laghdaíodh na hinathraitheachtaí idir-leictreoidé go éifeachtach maidir le méadaithe sa theocht leasaithe. B'iad na hearráidí chaighdeánacha do leictreoidí leasaithe ag 25 , 80 and 150 °C ná 8.75% , 3.43% agus 1.36% , faoi seach ($n = 3$). D'fhéadfaí gur bhain na teochtaí leasaithe airde seo, cisil orgánacha coscaireacha, a d'fhéadfadh a bheith greamaithe le dromchla na leictreoidé, díobh.

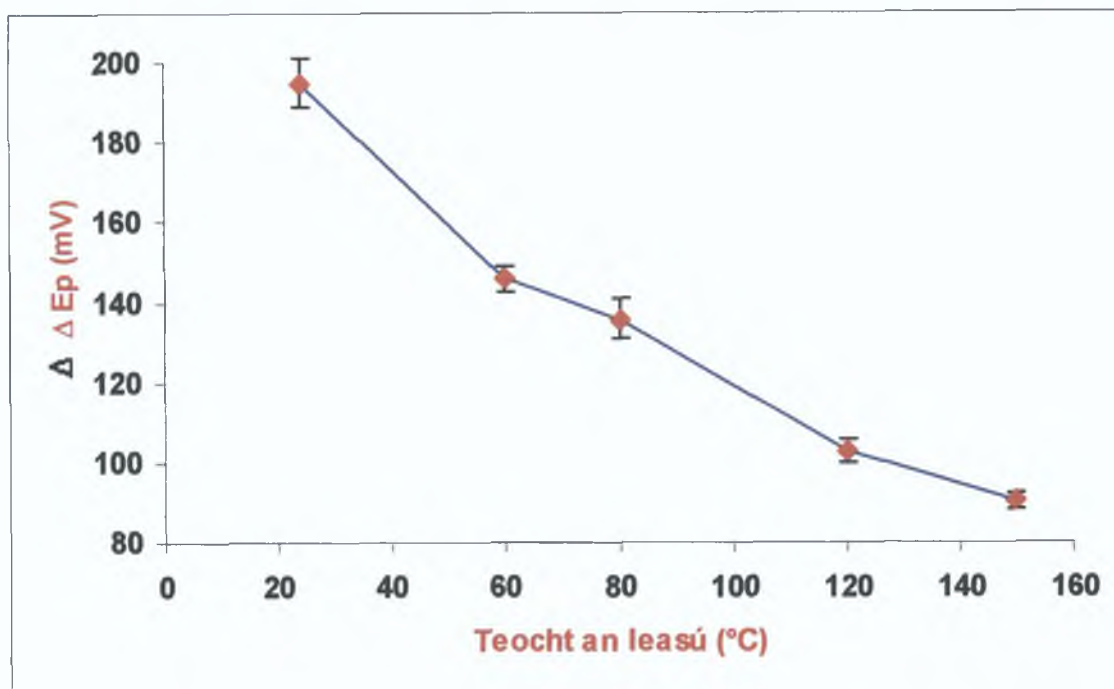


Figióir 3.6: Freagairtí aimpéarmhéadracha de LSP mionathruithe le PANI/PVS agus 0.5 mg/ml SRF do 8 mM H₂O₂ i 0.1 M TME, pH 6.8 (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Tharla méadaithe sna freagairtí aimpéarmhéadracha le méadaithe sa theocht leasaithe, chomh maith le laghdaithe san inathraitheacht a bhain leis an aschur aimpéarmhéadrach, maidir le laghdaithe sna hearráidí chaighdeánacha.

3.2.2.4.2 Oibriú voltmhadrach na leictreoidí leasaithe

Laghdaigh na deighiltí idir na buaiceanna don chúpla rédoicse fearóiciainíde maidir le méadaithe sa theocht, mar a léirítear i bhFigióir 3.7. Bhí an laghdú seo súdlíneach ó nádúr (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = -0.8111x + 204.4$, $r^2 = 0.9577$). Bhí an laghdú seo i gcomhréir le briseadh an ceanglóir polaiméireach, a mhéadaigh an méid de ghraifit insroichte ag dromchla na leictreoidí. Laghdaigh na luachanna ΔE_p ó 146 mV (± 3.27 mV) go 90 mV (± 2.05 mV) trí theocht an leasú a mhéadú ó 60 go 150 °C. D'fhéadfadh go raibh an dáileadh níos fearr den cheanglóir neamhsheoltach agus den thuaslagóir sna leictreoidí seo freagrach as na cinéitici imoibrithe níos maille siúd, a bhí cúis leis na méadaithe sna deighiltí bhuaice ag teochtai níos ísle. Pléofar

iompar rédoicse an LSP i slí níos cruinne i Mír 3.2.5.3.3, nuair a dhéanfar comparáid idir na cúplaí rédoicse a bhfaightear le LCG agus LSP.

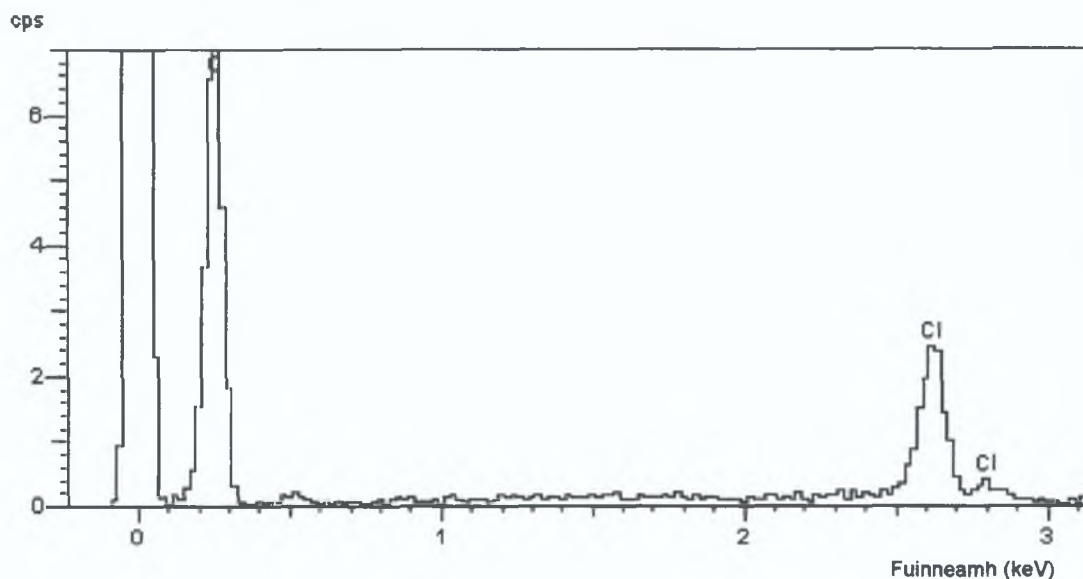


Figiúr 3.7: Laghdaigh deighiltí bhuaice don chúpla rédoicse fearóiciainíde le méadaithe i dteochtaí an leasú ($n = 3$). Baintear na turgnaimh amach i 1×10^{-3} M fearóicianíd agus 1 M KCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

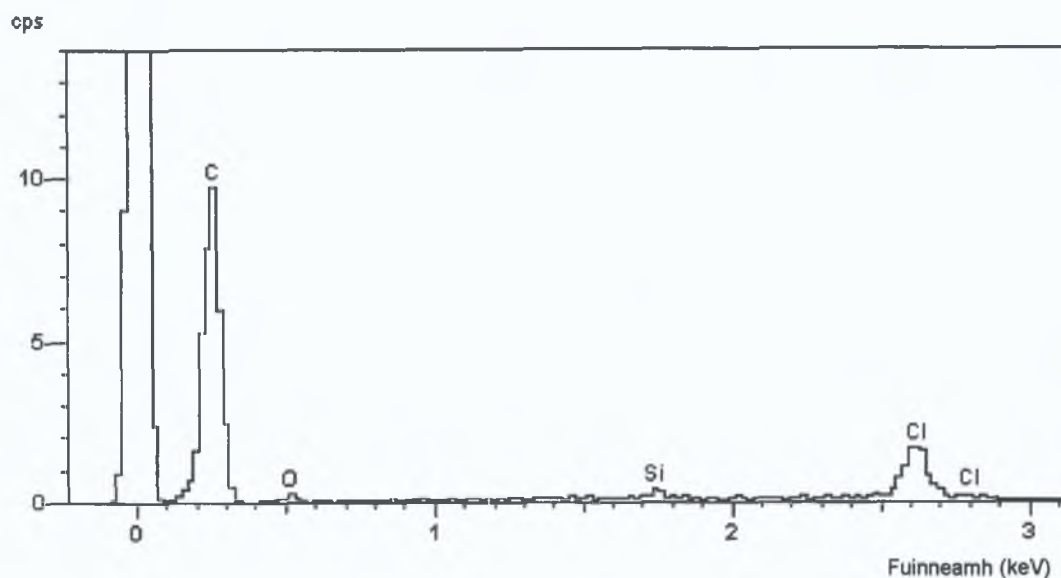
3.2.2.5 Anailís X-ghathach spréite fhuinnimh

Ghineann MSL le brath XSF speictream den dhromchla faoi scrúdú, athnaíonn sí na dúil a bhrathfar agus cuireann siad na líntí $K\alpha, \beta, \gamma$ agus $L\alpha, \beta$ faoi seach leis na buaice seo. Baineadh anailís XSF amach ar dhromchlaí LSP chun pictiúr eiliminteach a fháil faoi dhromchla na leictreoid ag na teochtaí leasaithe thar meán. Tá speictream XSF do LSP a leasadh ag teocht an tseomra léirithe i bhFigiúr 3.8. B'iad na dúil a bhrathadh ná carbón agus clóirín (na líntí $K\alpha$ sa dhá chás). Rinneadh anailís ar fhairsingeacht na ndúl seo agus fuarathas amach gur sheas carbón do 92.23% den dhromchla agus gur sheas an 7.7% eile do chlóirín, a d'fhéadfadh a bheith mar comhdhúil den dhúch polaiméire.

A mhalairt ar seo, ghin anailis MSL-XSF ar LSP a leasadh ag 150 °C speictream XSF mar atá léirithe i *bhFigiúr 3.9*. B'iad na dúil a bhrathadh ar dhromchla na leictreoidé seo ná carbón, ocsaigin, clóirín mar aon le mionrianta de shileacan (ba iad na línte $K\alpha$ a bhrathadh i ngach chás). Ba í an príomhdhúil ar dhromchla na leictreoidé seo ná carbón, a sheas do 88.75% den dromchla-achar. Sheas clóirín do 5.07%; d'fhéadfadh go raibh laghdaithe i méid na tuaslagóirí clóirínithe de bharr teochtaí leasaithe níos airde, freagrach as an laghdú 2.63% seo i gcomparáid le leictreoidí a leasadh ag teocht an tseomra. Sheas ocsaigin do 5.74% den dhromchla agus d'fhéadfaí a rá gur mhair an ocsaigin seo trí fheidhmiúlachtaí charbóin-ocsaigine. D'fhéadfadh go raibh na mionrianta 0.44% de shileacan i láthair sa thaos polaiméire. Níor bhrathadh aon airgead ar bith agus thaispeán sé seo nach raibh teochtaí leasaithe airde freagrach as aon shniogadh tábhachtach den fhothaos, ionas gur nochtadh na fhochosáin sheoltacha. Pléfeair an anailis MSL-XSF den dhromchla seo níos cruinne maidir le leictreoidí rhéamhchóireáilte i Mír 3.2.4.4.



Figiúr 3.8: Speictream LMS-XFS de LSP a leasadh ag teocht an tseomra. B'iad na príomhdhúil a bhrathadh ar dhromchla na leictreoidé ná carbón agus clóirín.

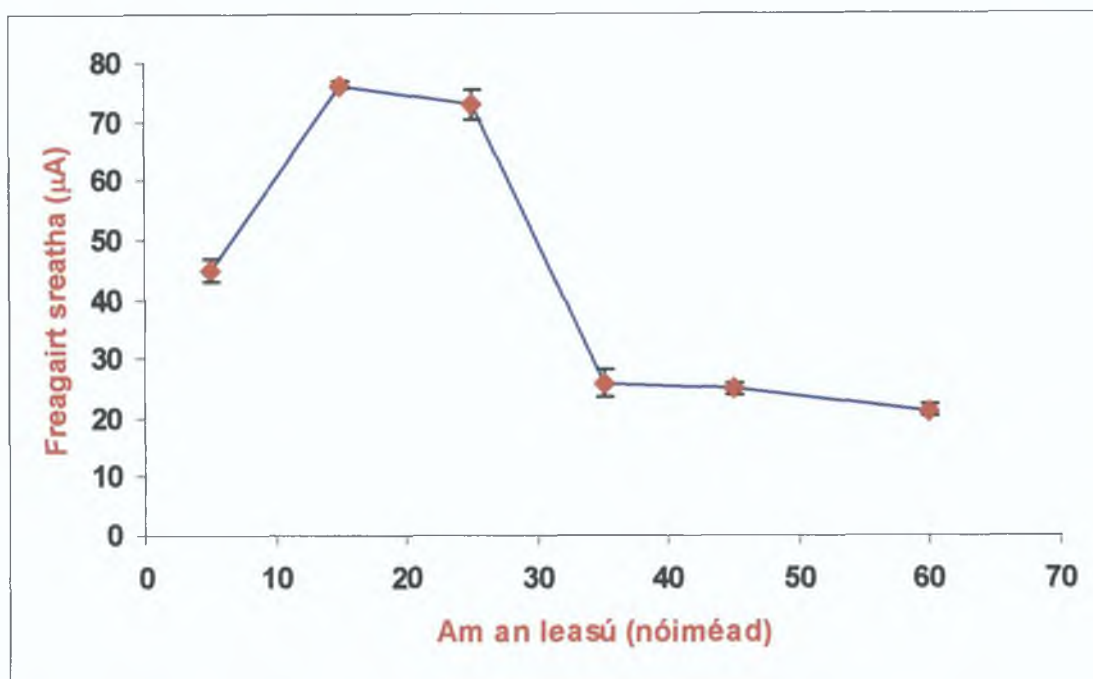


Figióir 3.9: Speictream LMS-XFS de LSP a leasadh ag 150 °C. B'iad na príomhdhúl a bhrathadh ar dhromchla na leictreoidé ná carbón, ocsaigin, clóirín agus sileacan.

3.2.3 Tionchar na hama leasaithe ar leictreoidí

D'fhéadfadh go mbeadh tionchar ag na hamanna leasaithe ar oibrithe na leictreoidí freisin agus go n-athródh siad de réir comhshuíomh na dúiche a úsáidtear. Leasaigh Bagel *et al.* a ndúch bunaithe ar charbóin ar feadh uair a chloig ag teocht an tseomra [132]. Bhain Seddon *et al.* úsáid as dúch carbóin le micreacáithníní charbóin ghloineacha ann agus bhí leasú ag 70 °C ar feadh aon lá amháin ag teastáil leis [101]. Leasaigh Pravda *et al.* a leictreoidí thaois charbóin thar oíche ag 80 °C [98]. Bhí am leasú de 25 laethanta ag teastáil ó Albareda-Sirvent *et al.* chun a dtaos carbóin a leasadh [40]. Trí úsáid a bhaint as na prionsabail chéanna a léiríodh i Mír 2.3.10.1, doghluaiseadh léibhéil comhionann de PANI/PVS (í deasctha go dtí gur bhain an chéad bhuaic ocsaidithe sruth anóideach thart ar -2.8 mA amach) agus SRF (0.5 mg/ml) le dromchla na leictreoidé, cuireadh léibhéalta comhionann de H₂O₂ (8 mM) leo agus athraíodh an leictreoid le haghaidh gach tomhas faoi leith. Dá bhrí sin, d'fhéadfaí a rá go raibh athruithe sa dhromchla-achar imoibríoch den leictreoid, **freagrach as aon athrú tábhachtach sna freagairtí aimpéarmhéadracha**. Ag amanna leasaithe níos mó ná 15 nóiméid, (Figióir 3.10), laghdaigh na haschuir

aimpéarmhéadracha i slí tábhachtach. Mar shampla, tar éis 15 nóiméid, bhí na freagairtí laghdaithe go 34% den aschur is uasta. Tar éis 60 nóiméid, laghdáíodh an luach seo go 28%.



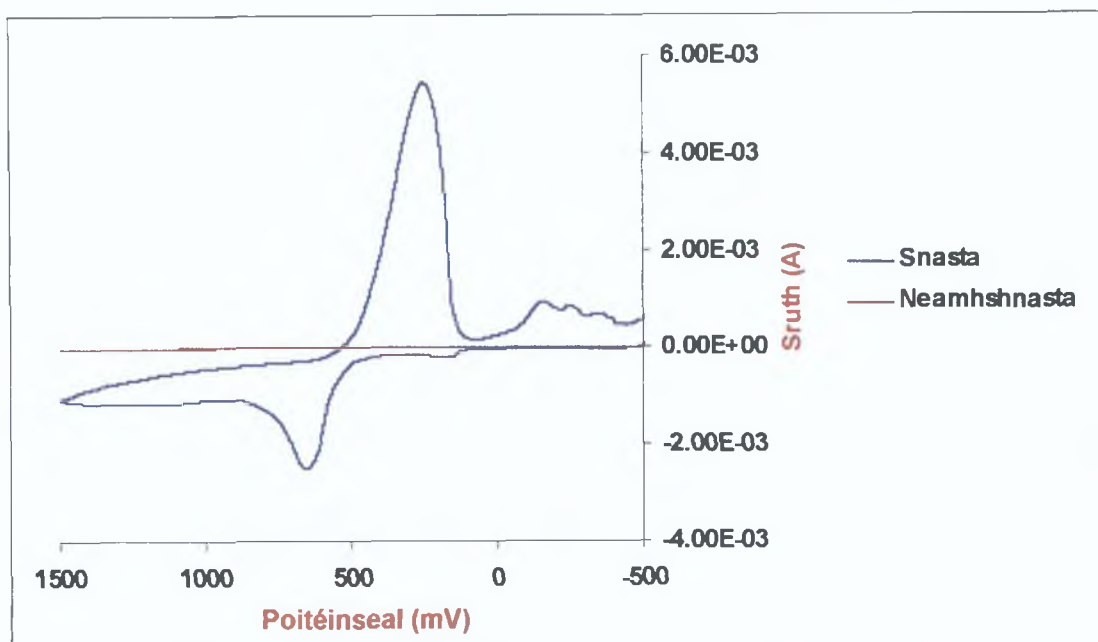
Figiúr 3.10: Tionchar am an leasú den thaos carbóin (bhí gach leictreoid leasaithe ag 150 °C) ar freagairtí aiméarmhéadracha de LSP mionathruithe le PANI/PVS agus 0.5 mg/ml SRF go 8 mM H₂O₂ i 0.1 M TMF, pH 6.8 (-100 mV i dtaca Ag/AgCl, n = 3).

D'fhéadfaí a rá gur dhíscailleadh na cáithníní ghraifíte isteach i líonra polaiméire an thaois tar éis na hamanna leasaithe fada seo. Mhair tuaslagóir nó comhdhúl ceanglóra de réir dealraimh, chun na cáithníní ghraifíte a chlúdú agus d'fhág sé seo níos lú graifit inshroichte le haghaidh idirghníomhaithe leictriceimiceacha. Bhí na torthaí seo ar aon dul leis na freagairtí níos ísle a bhaineadh amach le teochtaí leasaithe níos ísle. Ba é an t-am leasú is optamú don thaos carbóin seo ná 15 nóiméid.

3.2.4 Tionchar córas réamhchóireála ar leictreoidí

Chuaigh roinnt údair i gceann an fadhb maidir le dochúlaitheacht leictriceimice a bhain le leictreoidí áirithe a réitiú, trí mhodh réamhchóireáil a úsáid, a d'fhéadfadh feabhas a chur ar a n-atáirgeadh agus a n-iompair leictrianailiseacha [98, 124, 131, 133-134]. B'iad na modhanna a d'úsáid siad ná poitéinsil dheimhneacha a chur leo ar feadh tréimhsí shocraithe [124], poitéinsil dheimhneacha agus ansin poitéinsil dhiúltacha a chur ar feadh tréimhsí shocraithe [131], cóireáil ceimice i dtuaslagán aigéadach nó buntach [133], snas meicniúil le raon de pháipéir [98], teascóireáilte [133] agus gníomhachtú leasair [134-135]. Tá fiosrú déanta ag cuid acu ar an tionchar a bhí ag na nósanna seo ar airí dhromchla agus/nó leictriceimiceacha na leictreoidí seo [79]. Mar thoradh ar na nósanna réamhchóireála seo, tig le ceanglóirí orgánacha nó truaillithe a bheith bainte den taos carbóin priontáilte. Chomh maith le sin, d'fhéadfadh gur mhéadaíodh uimhir na láthair imoibríocha cheimiceacha ar dhromchla na leictreoidé freisin. Trí staidéar a dhéanamh ar LSP roimh agus i ndiaidh na nósanna réamhchóireála a bhaint amach, d'fhéadfaí léargais a fháil ar nádúr na cáithníní charbóin den thaos agus sa slí sin, d'fhéadfaí modhanna chun na foirmilte taois a fheabhsú do fheidhmeanna scáthán-priontáilte [79].

Go traidisiúnta, réamhchóiríodh LCD le snasta trí úsáid a bhaint as roinnt meascáin alumana le méideanna cáithníní difriúla ag baint leo. Ach nuair a bhaintear úsáid as an nós seo le LSP, bhí sé ró-chrua do na leictreoidé mar bhain sé carbón den dhromchla, chun an cosán seoltach airgid a nothha, mar a thaispeántar sna voltmhéadagramanna cúlra i *bhFigiúr 3.15*. Bhí an sniogtha seo níos suntasaí do leictreoidí a leasadh ag teochtaí níos airde, b'fhéidir de bharr laghdaithe sa mhéid ceanglóire ag na teochtaí seo a d'fhág cisil dhromchla de chalóga charbóin, mar a thaispeántar sna hiomhánna MSL i *bhFigiúr 3.4*, a raibh nasctha go lag leis na fochisil. Bhrath an sniogadh seo ar an úsáideoir, cé go raibh tionchar ag fórsa agus minicíocht an snasa ar an méid d'airgead a noctadh. Dá bhrí sin, ní raibh an modh seo oiriúnach mar mhodh réamhchóireála ginearálta do na LSP seo.

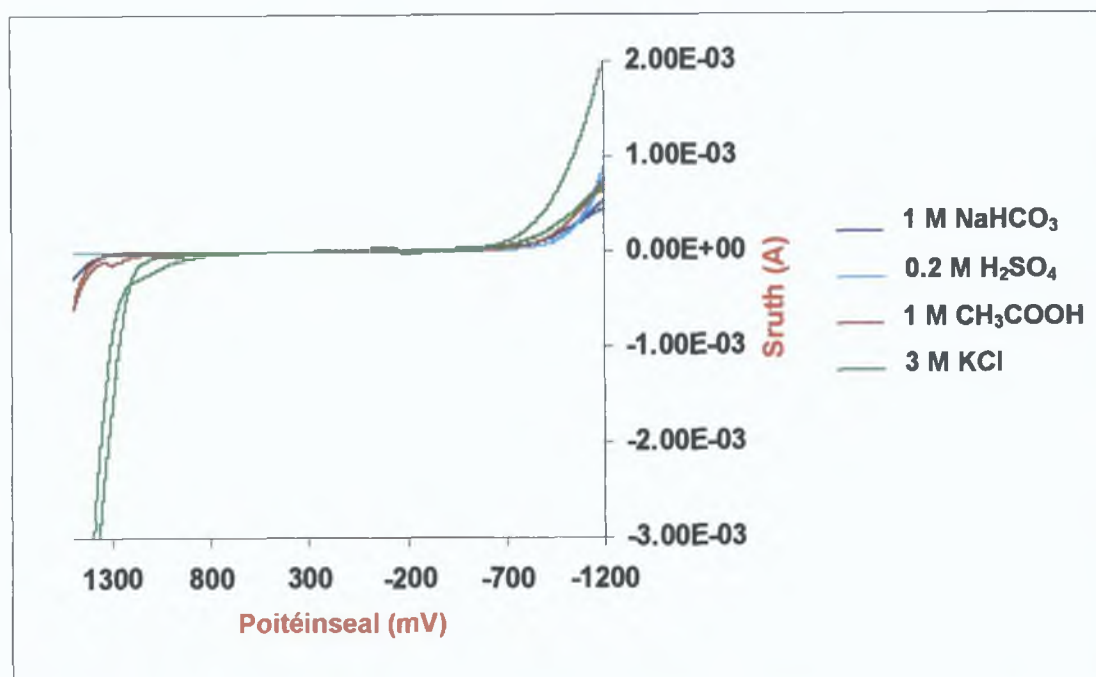


Figúir 3.15: Trí na LSP a shnasadh le alumana, baineadh carbón den leictreoid chun an fochiseal airgid a nochta. Baintear na voltmhéadagramanna amach i 0.2 M H_2SO_4 (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

Bhain Wang *et al.* úsáid as modh réamhanóidithe le poitéinseal ocsaidiúcháin ard (+1.5 go +2.0 V) a chur lena leictreoidí ar feadh tamaill bheaga (3 nóiméid) i dtuaslagán maoláin fosfáite (0.05 M) [124]. Feictear dóibh gur mhéadaigh an próiseas réamhchóireála seo an méid de fheidhmiúlacha dromchla agus/nó míchothroimeacha nó chun truailithe dromchla a bhaint de dhromchla na leictreoid. Mar is gnáth le nósanna réamhchóireála eile, tháinig feabhas ar na cinéitici thraschuir leictreoin ag dromchla na leictreoid de bharr an réamhanóideacht seo, a d'fhéadfadh a bheith moillithe de bharr cruthú na leictreoid féin. Bhain Cui *et al.* réamhchóireáil amach i raon de thuaslagán le pH difriúla leis an teicníocht réamhchóireála chéanna [79].

Tá úsáid bainte ag Killard *et al.* as nós réamhchóireála ar leictreoidí bunaithe ar charbón trí aon chiogal voltmhéadrach amháin i meán aigealach, sé sin 0.2 M H_2SO_4 , a úsáid [117]. Ach ní dhearna na húdair staidéar ar an tionchar a bhí ag an gcéim réamhchóireála seo ar na leictreoidí áfach. Tá an staidéar sin déanta san obair seo i láthair. Chomh maith le sin, baintear úsáid as tuaslagáin leictrilite eile, le raon de pH ag baint leo, chun a n-airí réamhchóireála a fhiosrú. Tá voltmhéadagramanna cioglacha do thuaslagáin le luachanna pH idir an dá thaoibh den scála pH, léirithe i

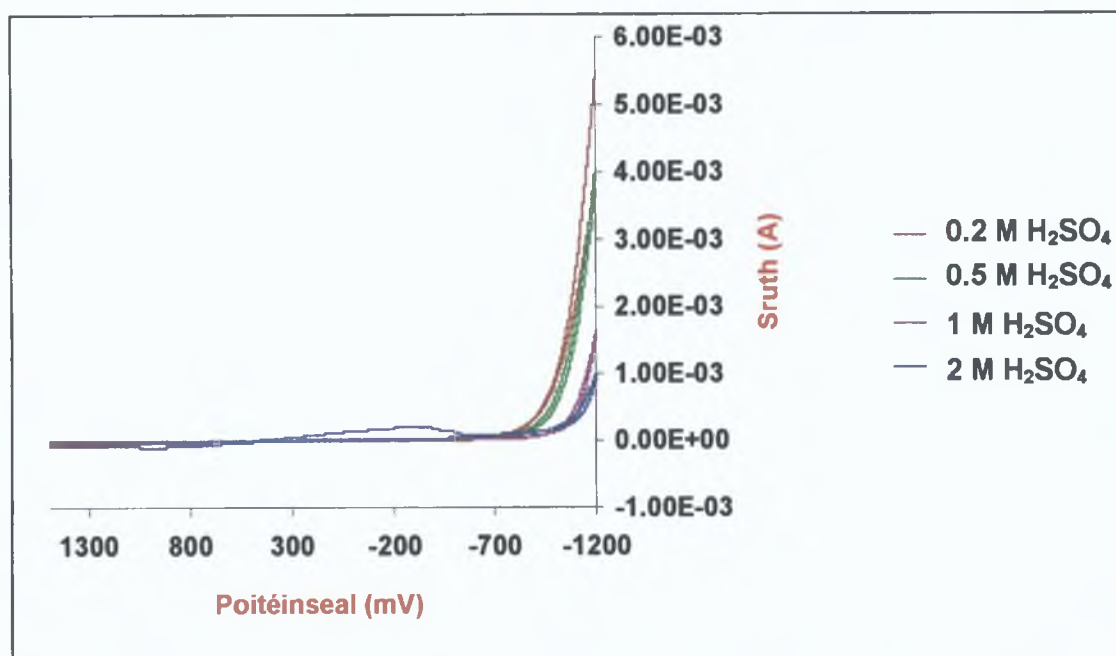
bhFigiúr 3.16. Bhí volmhéadagram gan tréith idir na forvoltais ocsaigine agus hidrigine ag baint le gach tuaslagán. Thaispeán sé seo nach raibh eisíontais leictreagníomhacha ar dhromchla na leictreoidí. Tá sé seo buntáisteach maidir leis na leictreoidí seo a úsáid mar fhoshraitheanna le haghaidh deascadh polaiméirí sheoltacha. Dá bhrí sin, níor scrios aon tuaslagán an iomarcha carbón de dhromchla na leictreoidé ionas gur nothadh an fochosán seoltach airgid don thuaslagán.



Figiúr 3.16: Tionchar tuaslagáin le haigéadacht ullmhaithe in uisce agus bunatacht difriúla ag baint leo, ar réamhchóireáil LSP (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

D'athraigh na fuinneoga phoitéinsil do na tuaslagáin mar atá léirithe seo leanas; 1200 mV go -540 mV don bhun lag 1 M NaHCO₃ (pH 8.05), 620 mV go -370 mV don thuaslagán neodrach 3 M KCl (pH 6.4), 1300 mV go -340 mV don aigéad lag 1 M CH₃COOH (pH 2.3) agus 1400 go -440 mV don aigéad láidir 0.2 M H₂SO₄ (pH 0.88). Níor athraigh an tiúchán H₂SO₄ sa thuaslagán, na fuinneoga phoitéinsil go héifeachtach, mar atá léirithe i *bhFigiúr 3.17*. Scrios aon chiogal voltmhéadrach amháin sa thuaslagán níos láidre 2 M H₂SO₄ an ciseal carbóin de dhromchla na leictreoidé, sa slí sin ag nothadh an fochosán seoltach airgid, mar atá soiléir ó na buaiceanna rédoicse ag -320 mV agus 1050 mV sa voltmhéadagram seo.

Scrios an tuaslagán bunata láidir 2 M NaHCO_3 an dúch déleictreach de dhromchla na leictreoidé. Dá bhrí sin, níor bhaineadh úsáid as na tuaslagáin seo feasta do nósanna priontála.



Figiúr 3.17: Tionchar tuaslagáin aigéadacha de thiúcháin athraitheacha ar réamhchóireáil LSP (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

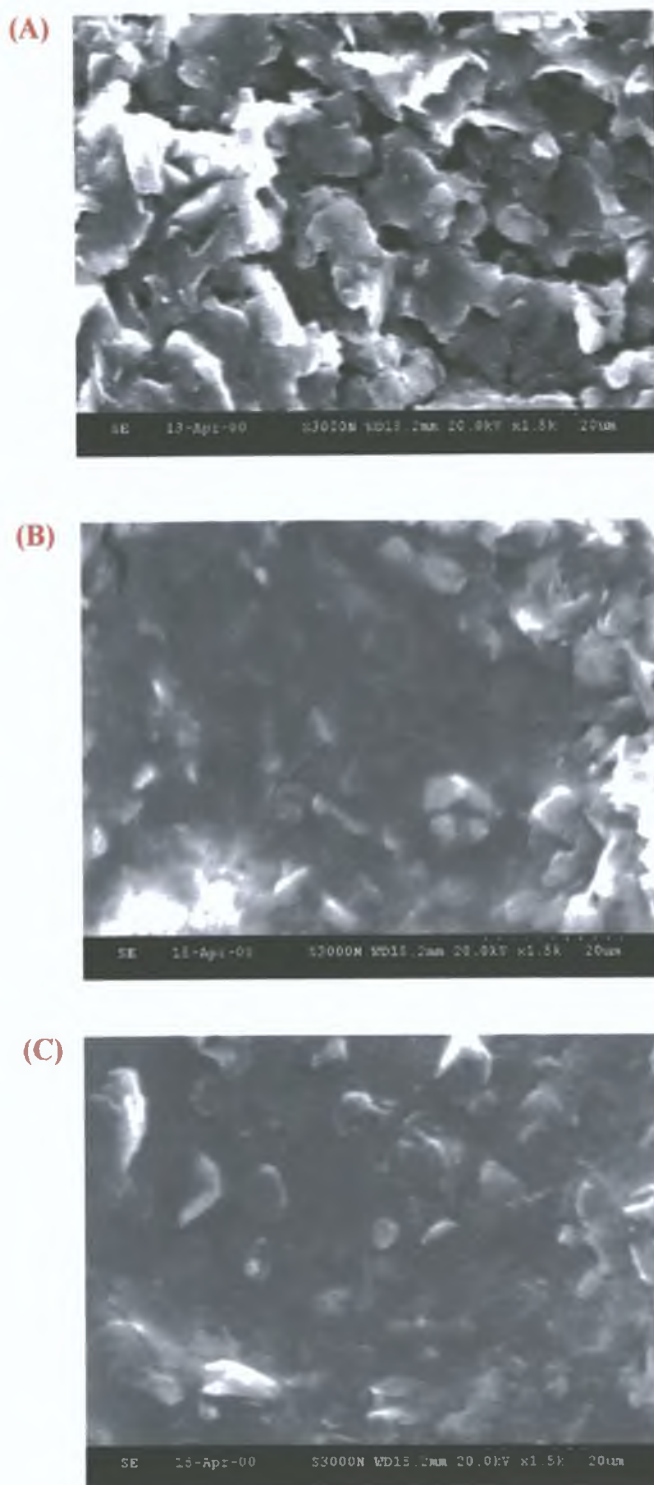
Cé gur ghin an tuaslagán 0.2 M H_2SO_4 an dromchla leictreoidé leis an bhfuinneog phoitéinsil is mó de 1840 mV, úsáidtear an tuaslagán seo chun réamhchóireáil a dhéanamh ar na leictreoidí eile san obair seo. Rinneadh fiosrú ar an tionchar a bhí ag uimhir na ciogail réamhchóireála freisin, trí uimhir ardaitheacha de chiogail réamhchóireála a chur leis an leictreoid chéanna. Trí uimhir ardaitheacha de chiogail réamhchóireála a úsáid, brathadh buaiceanna ocsaidithe agus déocsaidithe ag 300 agus 600 mV faoi seach agus méadaíodh na sruthanna a bhain leo le méadaithe san uimhir de chiogail scanta (déanfar plé níos cruinne ar seo i Mír 3.2.4.4). Braitheann an méid de chiogail atá ag teastáil chun an iompar seo a bhaint amach, ar an mbaisc de leictreoidí atá i gceist. Ba é nochtha an fochosán seoltach airgid a bhí cúis leis na buaiceanna rédoicse seo. Dá bhrí sin, scrios an iomarcha réamhchóireáil na himchisil den thaos carbóin. D'fhéadfadh gurb iad cisil cheanglóire choscaireachta orgánacha agus ábhair inslitheacha eile a bhaintear díobh. Bheifá ag súil le

gníomhaíocht leictriceimice níos airde mar thoradh ar sin, cosúil leis na méadaithe a bhain le leictreoidí leasaithe ag teochtaí níos airde. Déanfar plé ar na gníomhaíochtaí leictriceimiceacha méadaithe seo i Mír 3.2.4.3. D'fhéadfadh gur bhaineadh cáithníní ghraifíte den leictreoid in éineacht leis an gciseal ceanglóire coscaireach seo agus sa slí sin, d'fhéadfadh gur nochtadh an fochosán airgid don thuaslagán. Chun fiosrúchán a dhéanamh ar seo, baineadh anailís XFS amach ar dhromchlaí leictreoidí neamhchóireáilte agus réamhchóireáilte. Rinneadh fiosrú ar na tíochair deilbheolaíochta den nós réamhchóireála seo le MSL freisin. Maidir le hanailísí amach anseo, seasann 'réamhchóireáil' do aon chiogal voltmhéadrach amháin i 0.2 M H_2SO_4 .

3.2.4.1 Anailís leictreonmhicreascópach scanacháine

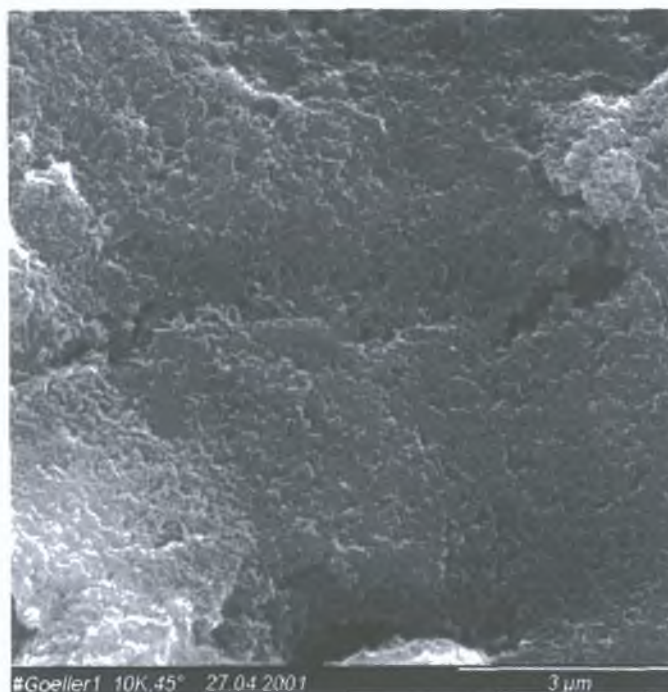
Fuair Rice *et al.* amach trí staidéar a dhéanamh ar an tionchar a bhí ag réamhchóireáil ar a leictreoid taos charbóin, gur scaoil réamhchóireáil trí réamhanóideachas ag poitéinseal deimhneach a dhéanamh, leacht taoise heicsideacána ó dhromchla na leictreoid [129]. Ba é an mheabhair a bhain na húdar as seo ná go raibh dromchla níos hidrifilí á ghineadh mar thoradh ar an réamhchóireáil anóideach seo, trí chisil orgánacha den cheanglóir a bhaint den leictreoid. Baineadh úsáid as MSL san obair seo chun a fháil amach ar tharla aon athruithe i struchtúr dromchla na LSP de dheasca an céim réamhchóireála voltmhéadracht cioglach seo.

Tugann *Figiúr 3.18* le fios gur mhéadaigh na nádúir mhicreacáithníníeacha agus míchothroimeachta na cáithníní ghraifíte mar thoradh ar an gcéim réamhchóireála a chur leis an nós leictreanailíseach (*Figiúr 3.18(A)*), i gcomparáid le leictreoidí nach gcuireadh an próiseas réamhchóireála leo (*Figiúr 3.18(B)*). Bhí an céim réamhchóireála cúis le níos mó scoilte i ndromchla an taos carbóin, sa slí sin méadaíodh an dromchla-achar éifeachtach den leictreoid oibre. Bhí baint na ceanglóirí polaiméirithe, a nochtaiigh an dromchla cáithníníeach carbóin garbh faoi, thar a bheith soiléir, le cáithníní ghraifíte de 5 – 15 μm ar thrasthomas.



Figúir 3.18: Micreagrafanna leictreoin scannacháine de LSP neamhchóireáilte agus LSP réamhchóireáilte le haon chiogal amháin de voltmhéadracht cioglach i 0.2 M H_2SO_4 . Bhain an céim réamhchóireáil ciseal de dhromchla na leictreoid, chun struchtúr cáithníníeach carbóin (A) a nochadh i gcomparáid le leictreoid neamhchóireáilte (B). Níor tharla aon athrú dinnseachainte tríd an leictreoid a chur i 0.2 M H_2SO_4 (C) (1,500 x formhádú, modh brathóra LT).

I gcontrárthacht le seo, ní raibh aon athruithe radhairce soiléire ag baint le deilbheolaíocht leictreoidí a chuireadh i dtaisce i 0.2 M H_2SO_4 , i gcomparáid le leictreoidí neamhchóireáilte (*Figiúr 3.18(C)*). Thaispeáin sé seo go raibh an nós voltmhéadrach i láthair meán aigeadach, in ionad láithreach an meán aigeadach faoi choiníollacha aigeadacha, freagrach as an tionchar seo ag dromchla na leictreoidé carbóin. Ag formhéadaithe níos airde, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 3.19*, bhí nádúr micreacáithníní na cáithníní ghraifíte soiléir. Léirigh sé seo go suntasach, an léibhéal níos airde de himill ghraifíte agus an fíor dromchla-achar níos airde a d'fhéadfaí a bhaint amach trí réamhchóireáil a dhéanamh ar leictreoidí. Dá bhrí sin, d'fhéadfadh gur thiocfadh feabhas ar fhreagairtí leictriceimiceacha na leictreoidí seo, le dromchlaí réamhchóireáilte a bheith níos gníomhaí do thraschuir leictreoin.



Figiúr 3.19: Dromchla LSP a bhí réamhchóireáilte le haon chiogal amháin de voltmhéadracht cioglach i 0.2 M H_2SO_4 , a thaispeánann an nádúr micreacáithníní de na cáithníní ghraifíte leictreoidé agus na caolta graifíte noctha (10,000 x formhéadú, modh brathóra LT).

3.2.4.2 Tomhais ar na huillinneacha theagmhála

In obair a rinne siad cheana féin, fuair Engstrom and Strasser amach ó laghdaithe i dtomhais ar na huillinneacha theagmhála, gur éirigh dromchla an LCG níos hidrifilí tar éis céim réamhchóireála leictriceimiceach a dhéanamh, inar chuirtear 1.75 V i gcoinne LCS ar feadh 5 nóiméid leis an leictreoid agus ansin 1.0 V ar feadh 1 nóiméad léi [131]. Dúirt siad gurb iad athruithe i nádúr ceimiceach dromchla na leictreoid de bharr an céim réamhchóireála, a bhí thíos leis an laghdú seo (ó 66° go 49°). San obair seo, baineadh tomhais ar na huillinneacha theagmhála ar dhromchlaí leictreoidí neamhchóireáilte agus réamhchóireáilte, chun a fháil amach ar tháinig feabhas ar infhliuctacht an dromchla tar éis an réamhchóireáil a bhaint amach. Maidir le Mír 3.2.2.3, bhí uillinneacha theagmhála níos airde ag baint le gach LSP a leasadh ag teochtaí leasaithe dhifriúla, ná mar a bhain le leictreoidí réamhchóireáilte. Trí chomparáid a dhéanamh idir na meánuillinneacha theagmhála a fhuarthas do bhraonta d'uisce a dheascadh le leictreoidí réamhchóireáilte agus neamhchóireáilte, bhí meánuilinn theagmhála níos ísle de 67.11° ($\pm 5.28^\circ$, $n = 3$) ag baint le leictreoidí réamhchóireáilte i gcomparáid le hidir 75.34° ($\pm 10.54^\circ$, $n = 3$) agus 84.33° ($\pm 6.54^\circ$, $n = 3$) do leictreoidí neamhchóireáilte. Thaispeáin an laghdú seo san uilinn theagmhála i ndiaidh réamhchóireáil a dhéanamh, go raibh idirgníomhú níos mó idir an pas uisce agus dromchla na leictreoid tar éis an nós réamhchóireála seo a bhaint amach, cé go raibh nádúr níos hidrifilí ag baint leis an leictreoid ansin. Tá a fhios ag an tsaol go bhfuil míchothroimeacht dromchlach [130] agus/nó athruithe i nádúr ceimiceach an dromchla, freagrach as laghdaithe san uilinn theagmhála [131]. Thaispeán anailís MSL cheana féin go raibh comhdhéanamh níos míchothroime ag baint le dromchla leictreoid réamhchóireáilte i gcomparáid le leictreoid neamhchóireáilte. Bhí na méadaithe i hidrifileacht dromchla na leictreoid ná mar a cheapadh. D'fhéadfaí aon athruithe cheimiceacha a tharla de bharr réamhchóireáil a fháil amach trí hanailís MSL-XSF a dhéanamh. Pléfar é seo i Mír 3.2.4.4.

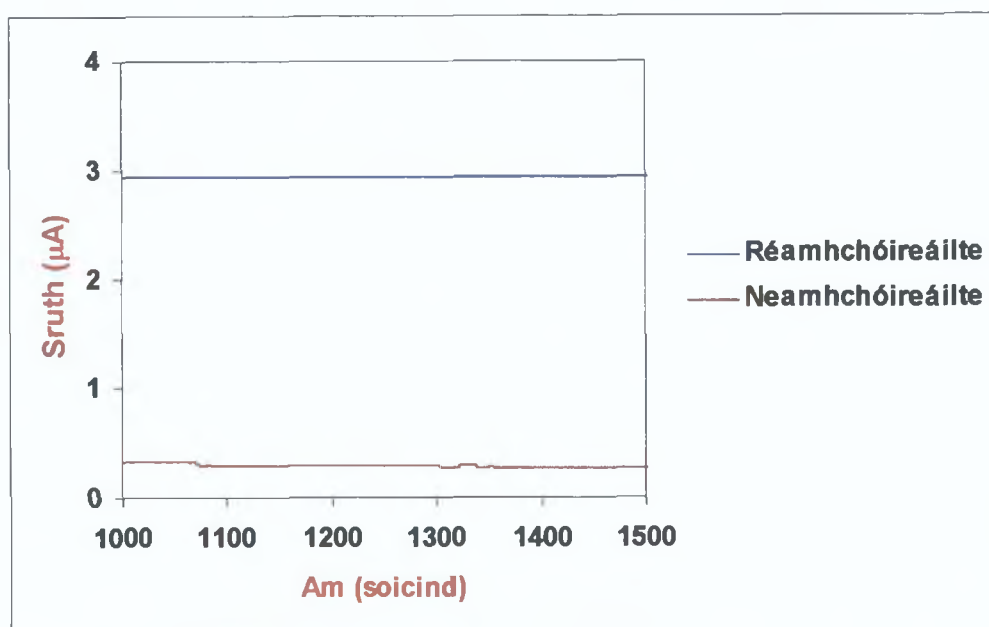
Bhí luachanna na ndiall caighdeánacha agus dcc do thomais uillinneacha theagmhála níos lú maidir le leictreoidí réamhchóireáilte agus d'fhéadfadh go raibh íogaireacht ag baint ag scrúdu faoi leith do rianta nó scríobtha ar an dromchla, nó d'fhéadfadh go raibh an nádúr míchothroime freagrach as. B'é an méantheannas dromchlach do dhromchla an LSP réamhchóireáilte ná 44.3 (± 3.25 dín/cm, $n = 3$), a

bhí níos mó ná an raon a bhain le leictreoidí neamhphriontáilte; $33.67 (\pm 4.37, n = 3)$ go $39.5 (\pm 6.54 \text{ din/cm}, n = 3)$.

3.2.4.3 Anailís leictriceimiceach

3.2.4.3.1 Oibriú aimpéarmhéadrach na leictreoidí réamhchóireáilte

Maidir leis na freagairtí luchtsreatha chúlracha a bhain le leictreoidí neamhchóireáilte agus réamhchóireáilte, bhí sreatha cúlracha níos lú ag baint leis an gcéad cheann ná mar a bhain leis an dara ceann, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 3.20*, atá de réir cinéal roinnt samplaí a rinneadh anailís orthu ($n = 4$).



Figiúr 3.20: Freagairtí shreatha chúlracha do LSP réamhchóireáilte agus neamhchóireáilte a thaispeán an leictrigníomhacht de leictreoidí réamhchóireáilte. Baineadh na haimpéarmhéadagramanna amach i 0.1 M TMF, pH 6.8 (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

Bhí sreatha cúlracha foistine de. $0.4 \mu\text{A}$ ag baint le leictreoidí neamhchóireáilte, i gcomparáid le ca. $3 \mu\text{A}$ do leictreoidí réamhchóireáilte, a

thaispéanann gur mhéadaíodh leictrigníomhacht na leictreoidé tar éis an réamhchóireáil a bhaint amach. Tugadh na méadaithe sna bhfreagairtí shreatha chúlracha faoi deara cheana féin do leictreoidí thaois charbóin a rinneadh réamhchóireáil orthu le nós anóidithe [129]. D'fhéadfaí a rá go raibh méadaithe sa mhéid de ghraifit a bhí notha agus laghdaithe sa mhéid de na comhdhúl ceanglóire orgánacha sa dhúch, freagrach as na freagairtí mhéadaithe seo. Méadaíodh oibrithe aimpéarmhéadracha leictreoidí a rinneadh réamhchóireáil orthu leis an gcéim voltmhéadrach cioglach seo agus ansin a chuireadh clúdú de PANI/PVS agus 0.5 mg/ml SRF orthu, sa slí chéanna is a mhéadaigh leictreoidí ina leasadh an taos carbóin le teochtaí leasaithe níos airde (*Figiúr 3.21*).

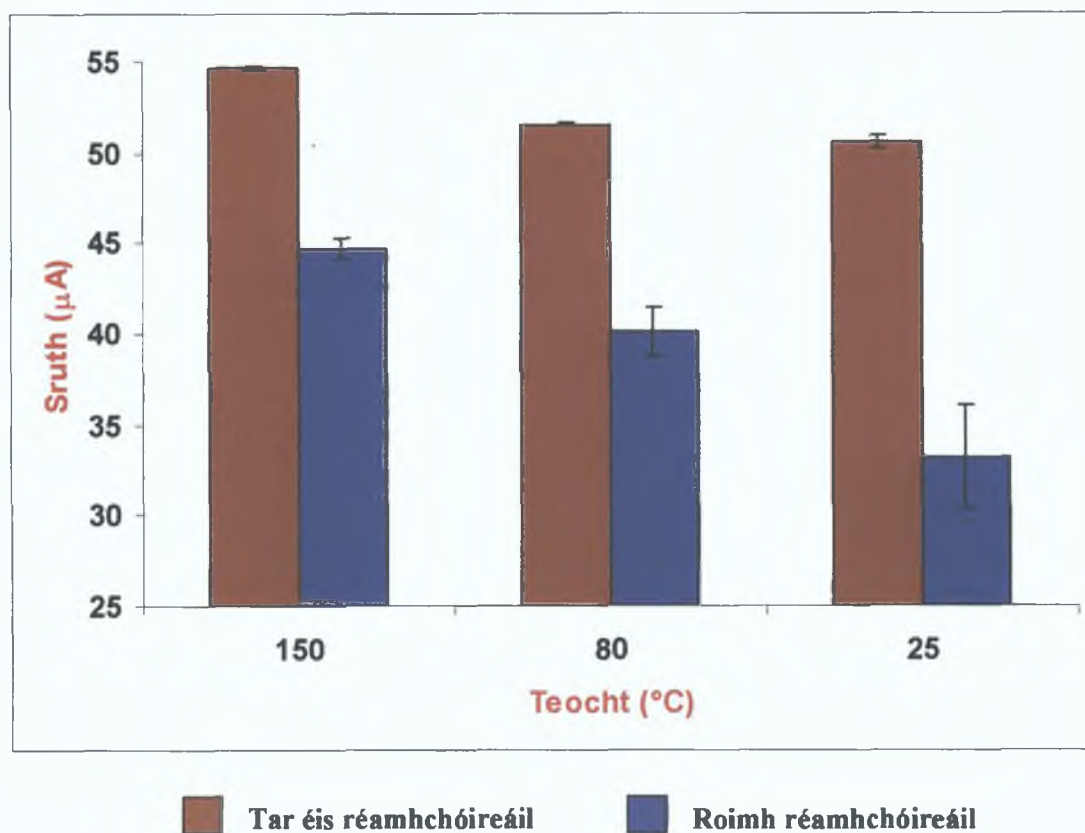


Figure 3.21: Freagairtí aimpéarmhéadracha do LSP mionathruithe le PANI/PVS agus 0.5 mg/ml SRF go 8 mM H₂O₂ i 0.1 M TMF, pH 6.8 (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Thaispeán leictreoidí nach raibh réamhchóireáilte i 0.2 M H₂SO₄ méadaithe i bhfreagairtí aimpéarmhéadracha le méadaithe sa theocht leasaithe, in éineacht le laghdaithe san inathraitheacht a bhain leis na haschuir aimpéarmhéadracha trí laghdaithe sna hearráidí chaighdeánacha. Thaispeán leictreoidí réamhchóireáilte freagairtí aimpéarmhéadracha éifeachta níos airde ná leictreoidí neamhchóireáilte. Laghdaíodh an inathraitheacht idir-leictreoidé go héifeachtach chomh maith.

Dá bhrí sin, méadaíodh achar gníomhach na leictreoidé de bharr an nós réamhchóireála seo. Bhí tionchar níos mó ag réamhchóireáil ar inathraithe idir-leictreoidé ná mar a bhí ag an teocht leasaithe. Laghdaíodh na hearráid chaighdeánacha go 0.69%, 0.14% agus 0.27% do leictreoidí leasaithe ag teocht an tseomra, 80 agus 150 °C, faoi seach (n = 3). Thaispeán sé seo gur oibrigh LSP réamhchóireáilte i slí níos atáirgeach ná leictreoidí neamhchóireáilte. Cé gur thaispeánadh cheana féin go raibh iompar inchomparáide ag baint le measúnaigh bunaithe ar einsímí agus antashubstaintí (Mír 5.2.1.1), bheadh ag súil leis na méadaithe leictreanailíseacha chéanna dá gcuirfí na leictreoidí seo le nósanna imdhíonbhraiteoracha.

3.2.4.3.2 Oibriú voltmhéadrach na leictreoidí réamhchóireáilte

Brathadh na héifeachtaí fhóinteacha de réamhchóireáil i bhfeabhsú na cinéitici imoibrithe do chórais rédoicse fhearóiciainíde, chatacóla agus aigéid ascorbacha, mar atá léirithe i *bhFigiúr 3.22* agus i *dTábla 3.4*. Laghdaigh na deighiltí idir na buaiceanna anóideacha agus catóideacha (ΔE_p) ó 375 mV go 240 mV don chóras fearóiciainíde agus ó 550 go 370 mV don chóras catacóla. Laghdaigh na luachanna E_{pc} ó 456 mV go 278 mV don chóras aigéid ascorbach. Méadaigh na sruthanna buaice le réamhchóireáil chomh maith; b'é an méadú is mó a bhaineadh amach ná don chóras rédoicse catacóla inar mhéadaíodh na luachanna i_{pc} ó 1.29×10^{-5} A go 2.17×10^{-5} A de bharr réamhchóireáil a dhéanamh. Thug Wang *et al.* feabhasanna mar seo sna cinéitici imoibrithe faoi deara maidir le roinnt córais rédoicse choitianta a chuireadar le LSP réamhanóidithe [124].

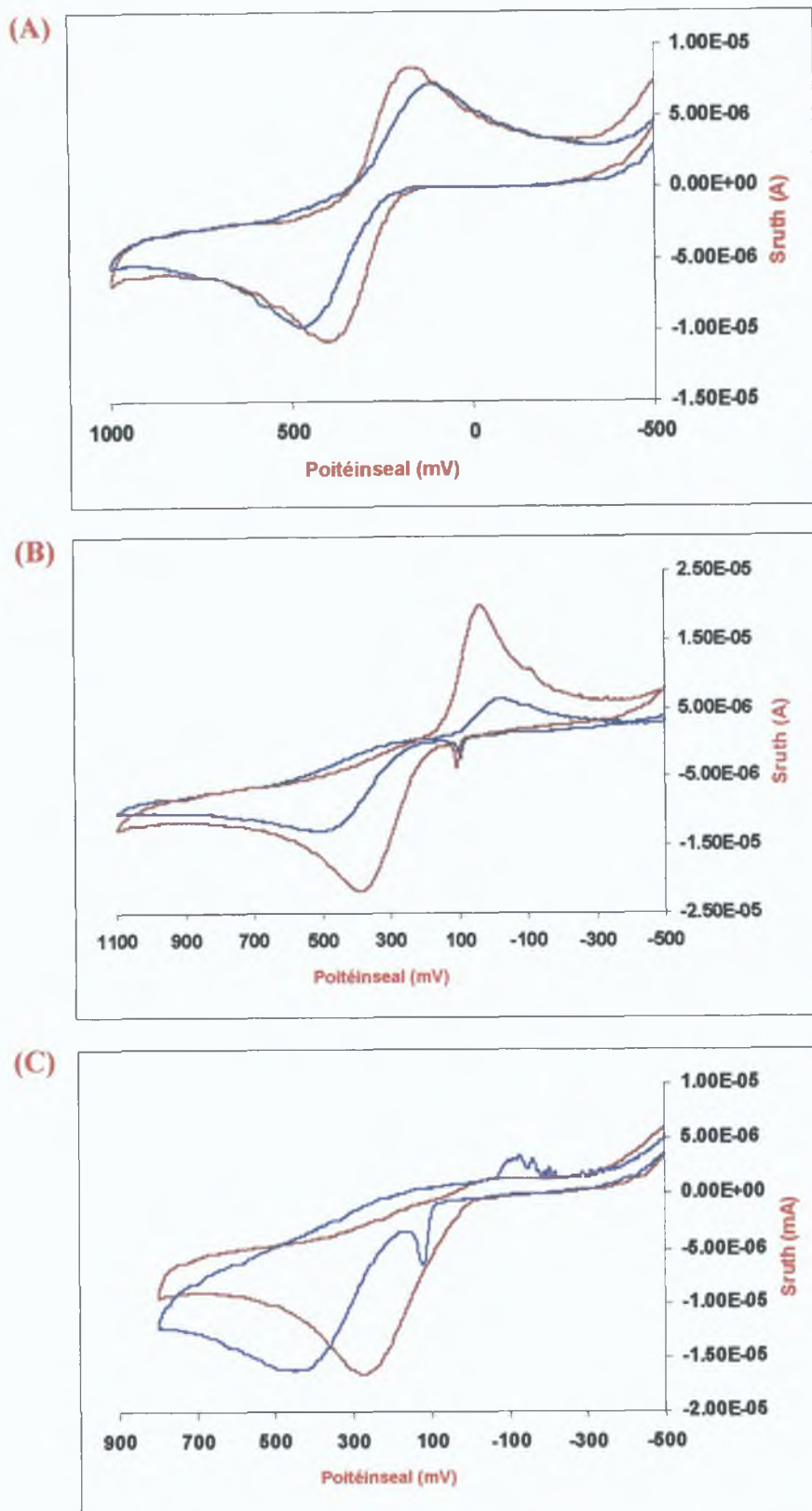
Tábla 3.4: Tionchar réamhchóireála ar chórais rédoicse.

Córas rédoicse	ΔE_p (mV)		i_{pc} (A)	
	Neamh	Réamh	Neamh	Réamh
Fearóiciainíd	375	240	9.76×10^{-6}	1.08×10^{-5}
Catacól	550	370	1.29×10^{-5}	2.17×10^{-5}
Aigéad ascorbach	E_{pc} 456	E_{pc} 278	1.62×10^{-5}	1.62×10^{-5}

B'iad roinnt eachtraí a d'fhéadfaí a tharla le linn na heachtra réamhchóireála seo gurbh fhéidir leo a bheith freagrach as na méadaithe seo sa dhromchla-achar gníomhach éifeacht, ná grúpaí fheidhmeacha a thabhairt isteach nó a hathrú ar dhromchla na leictreoid, nó bhaint truaillithe dromchlacha nó comdhúl dúiche ina raibh fachtóirí fhriotaíochta ag baint leo a chur cosc ar thraschuir lucht. D'fhéadfadh gur athghin an nós seo dromchla na leictreoid tré chiseal dromchlach tanaí, mar aon le carbón, a bhaint den leictreoid. Chuige sin, d'fhéadfadh gur nochtadh méidithe níos mó de charbón leictrighníomhach d'imoibriocht leictriceimiceach. Maidir le tabhairt isteach grúpaí fheidhmeacha fhóinteacha, d'fhéadfadh gur oibríodh ocsaídí dhromchlacha mar mhaolairí rédoicse nó gur n-imoibríodh siad le láir rédoicse phas thuaslagóra agus gurb iad siúd ba chúis leis na feabhasaithe sa ghníomhaíocht leictriceimiceach. [133]. Tá tuairiscí tabhartha ar fheidhmghrúpaí cuineone agus carbocsaile mar roinnt de na feidhmghrúpaí seo cheana féin [93, 131].

3.2.4.3.3 *Tomhais ar na poitéinsil chiorcaid oscailte*

Is é an poitéinseal ciorcad oscailte (PCO) nó an poitéinseal cothromaíoch, nó an poitéinseal a mhaireann nuair nach bhfuil aon shruth ag sreibhe i gcóras leictriceimice. Is airí intreach é PCO, a bhfuil iogaireacht ag baint leis maidir le hairí fhisiciceimice na leictreoid. Chun a fháil amach an raibh athruithe tar éis teacht ar chomhshuíomh dromchla na leictreoid tar éis réamhchóireáil a dhéanamh air, (sé sin, trí cháithníní asúite agus ábhair leictreoid a bhaint de), rinneadh tomhais ar luachanna PCO na leictreoidí roimh agus tar éis réamhchóireáil a bhaint amach. Ba é an PCO do leictreoid neamhchóireáilte a leasadh ag teocht an tseomra ná 0.189 V ($\pm$ 0.01 V, $n = 3$). Tar éis réamhchóireáil a bhaint amach, méadaigh an luach seo go 0.256 V ($\pm$ 0.01 V, $n = 3$). Bhí an méadú seo i gcomhréir leis an smaoineamh gur tharla dí-asú ábhair, sé sin tuaslagóir nó ceanglóir, ó dhromchla na leictreoid le linn an nós réamhchóireála seo.



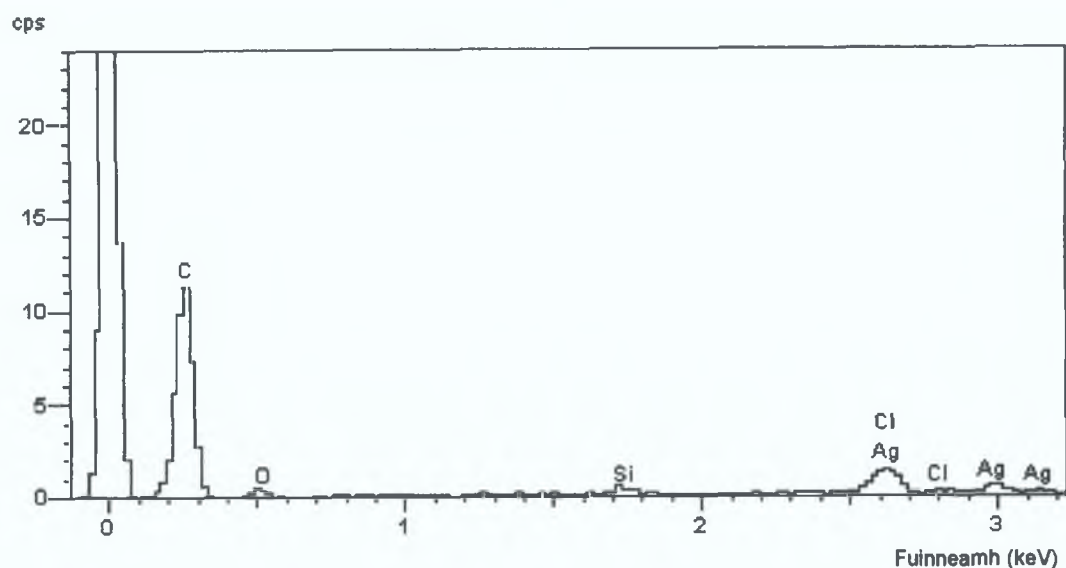
Figúir 3.22: Voltmhéadagramanna cioglacha de LSP neamhchóireáilte (gorm) agus réamhchóireáilte (dearg) i gcórais rhéodicse 1×10^{-3} M fearóicianaid (A), catacól (B) agus aigéad acsorbach. Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 0.1 M KCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

3.2.4.3.4 Tomhais fhriotaíocha

I gcomparáid le leictreoidí neamhchóireáilte a leasadh ag teocht an tseomra ina raibh friotaíochtaí de 30.58Ω ag baint leo, laghdaíodh friotaíochtaí leictreoidí réamhchóireáilte go 2.11Ω . Bhí sé seo i gcomhréir le baint comhdhúl neamhsheoltacha cosúil le ceanglóirí agus tuaslagóirí de dhromchla na leictreoidí le linn an nós réamhchóireála. Bhí friotaíochtaí de 2.53Ω ag baint le leictreoidí neamhchóireáilte a leasadh ag 150°C . Cé nach raibh an laghdú 0.42Ω seo a tharla tar éis réamhchóireáil a dhéanamh chomh tábhachtach leis na laghdaithe a tharla le méadaithe i dteocht an leasú, fós tugann sé le fios dúinn go bhfuil níos mó ábhair á scriosadh de dhromchla na leictreoidí ag an nós réamhchóireála.

3.2.4.4 Anailís X-ghathach spréite fhuinnimh

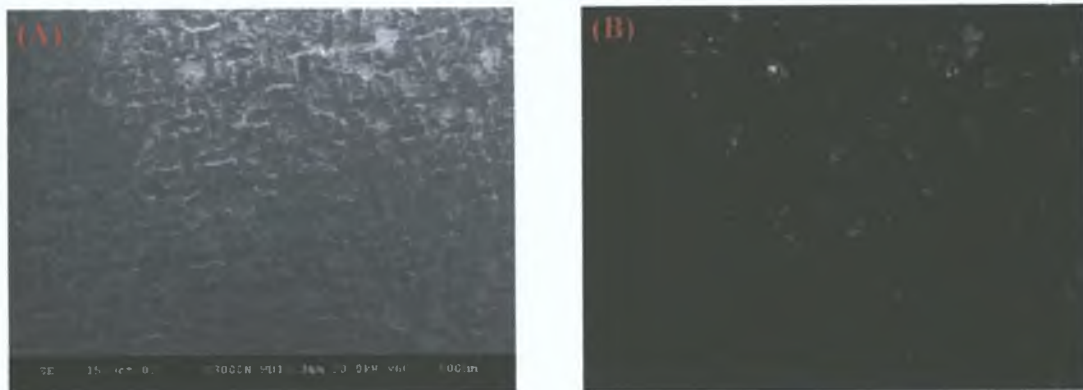
Baineadh anailís MSL-XSF amach ar LSP chun pictiúr dúilí den dhromchla carbóin a fháil roimh agus tar éis céim réamhchóireála a dhéanamh air, chun a fháil amach an raibh baint nó athchóiriú de hábhair dromchlacha ag tarlú. Tá sonraí XSF de réir cineáil do LSP neamhchóireáilte a leasadh ag 150°C léirithe cheana féin i Mír 3.2.2.5, agus fuarthas amach gurb é carbón an dúil is coitianta ar dhromchla na leictreoidí, le rianta de chlóirín, ocsaigin agus sileacan i láthair chomh maith. I gcomhréir le seo, trí anailís dúile a dhéanamh ar LSP réamhchóireáilte, brathadh dúil nua, sé sin airgead, ar dhromchla na leictreoidí. Ghin anailís MSL-XFS den dhromchla seo speictream tipiciúil mar atá léirithe i bhFigiúr 3.23.



Figiúr 3.23: Speictream LMS-XFS de LSP réamhchóireáilte. Ba iad na príomhdhúl a bhrathadh ar dhromchla na leictreoid ná carbón, ocsaigin, clóirín, sileacan agus airgead.

Brathadh na líntí $K\alpha$ agus $K\beta$ i gcáis na carbóin, ocsaigine, clóirín agus sileacain, agus brathadh na líntí $L\alpha$, $L\beta$ agus $L\gamma$ i gcás na hairgid. Arís, ba é an príomhdhúil ar an dromchla seo ná carbón, le 82.85% den dhromchla-achar. Bhí 3.84% den dhromchla comhdhéanta as clóirín, a d'fhéadfadh a bheith mar chomhdhúil den thaos polaiméire den dhúch. D'fhéadfadh go raibh an taos polaiméire freagrach as na mionrianta 0.68% de shileacan freisin. Bhí 9.30% den dhromchla comhdhéanta as ocsaigin, beagnach dhá oiread níos mó ná ag LSP neamhchóireáilte agus d'fhéadfadh gur mhair sé seo trí fheidhmghrúpaí carbóin-ocsaigine. Thaispeán sé seo go raibh méadú i minicíocht na feidhmghrúpaí carbóin-ocsaigine tar éis réamhchóireáil a dhéanamh. I gcomhréir le leictreoid neamhchóireáilte, bhí 3.33% d'airgead i láthair ar dhromchla na leictreoid réamhchóireáilte seo. Dá bhrí sin, ba é an tionchar a bhí ag an nós réamhchóireála ná chun carbón a scriosadh de dhromchla na leictreoid agus an fochosán seoltach airgid a nochtadh. Baintear úsáid as anailís chalabraithe Quant chun na láthair airgid a bhrath agus tá siadsan léirithe i bhFigiúr 3.24. Bhí an chuid is mó den airgead suite i gclastí sa thaos, a bhí ginte ag patrún an mhogalla. Nuair a phriontáilteadh iadsan, bhí na hachair seo clúdaithe le ciseal tannaí

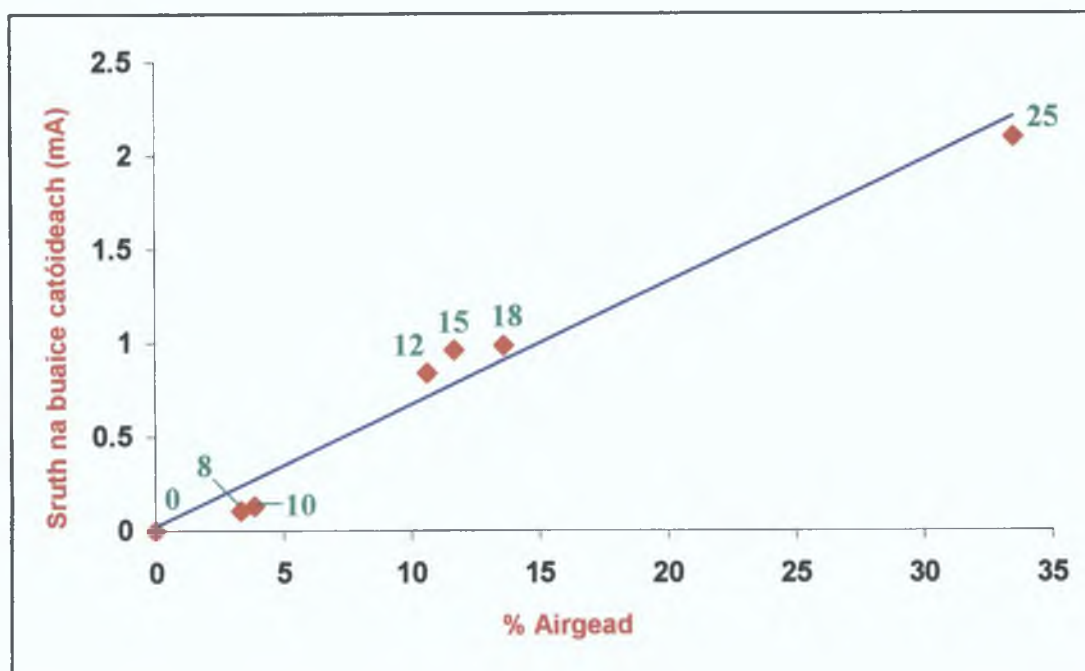
de charbón, a d'fhéadfaí a bhaint dóibh trí shlí níos éasca, trí thriall a bhaint as an nós réamhchóireála.



Figiúr 3.24: Anailís chalabrach Quant ar an achar den LSP réamhchóireáilte (A) (60 x formhéadú, modh brathóra LT) a rinneadh anailís uirthi le XFS a thaispeán suíomh na hairgid ar an dromchla (B).

Thug anailís MSL-XSF ar leictreoidí réamhchóireáilte le ciogail réamhchóireála méadaithe chun eolais go raibh níos mó airgid á noctha, mar atá léirithe i bhFigiúr 3.25 (tá na sonraí curtha i láthair ó thaobh na sruthanna buaice catóideacha, a ghin na buaiceanna rédoicse airgid sna céimeanna réamhchóireála, de). Ach bhí an méid ciogail a bhí ag teastáil chun an méid sin d'airgid a noctadh ard áfach, le idir 8 agus 25 ciogail ag teastáil maidir leis an dara agus an pointe deirneach, faoi seach. Maidir le tromlach na gcásanna, níor éirigh le haon chéim réamhchóireála amháin dromchla na leictreoidé a scriosta. Más amhlaidh atá an scéal seo, scriosann an céim réamhchoireáile ceanglóir polaiméire de dhromchla na leictreoidé agus fágadh ardchlár carbóin glanta go húr le haghaidh tomhais leictriceimiceacha a dhéanamh níos faide anonn. Ach bhí noctadh an ciseal airgid agus dá bhrí sin laghdaithe i méid na cáithníní charbóin ghníomhacha a bhí ar fáil do hanailís aimpéarmhéadracha thíos leis na méadaithe seo san méid de chiogail réamhchóireála. Ar deirigh, bhí laghdaithe in íogaireacht na mbraiteora mar thoradh ar sin. Dá bhrí sin, mar a dhúradh cheana féin, baintear úsáid as aon chiogal voltmhéadrach amháin don nós réamhchóireála as sin amach. Pléfean an tionchar a bhí ag noctha an cosán

seoltach airgid ar dheascadh leictreimice den pholaiméir seoltach PANI ar dhromchla na leictreoidé i Mír 4.2.1.



Figiúr 3.25: Tionchar uimhir na ciogail réamhchóireála leictreimiceacha (glas) ar an gcéatadán d'airgead a bhí notha ar dhromchlaí na leictreoidí, a bhrathadh le LMS-XFS. Méadaigh an céatadán d'airgid a bhí notha trí shlí súdlíneach; $y = 0.0652x + 0.0213$, $r^2 = 0.966$.

3.2.5 Leictreoidí scáthlán-priontáilte i gcoinne leictreoidí charbóin ghloineacha

Chun cur leis an staidéar comparáideach ar na héifeachtaí a bhain le réamhchóireáil ar dhromchlaí leictreoidí sa mhír dheirneach, rinneadh comparáid idir oibriú an LSP agus an LCG uileláithreach chomh maith. Dúirt Wang *et al.* gurb é ceann de na míbhuntáistí a bhain le húsáid leictreoidí bunaithe ar thaos carbóin in ionad LCG ná go raibh cinéitici leictreoidé níos maille ag baint leis an gcéad cheann [100]. Ach tig le LSP gléasanna leictreimiceacha iniompraithe a chur i láthair agus cé go bhfuil siad sochaiteach agus comhoiriúnach le modhanna réamhchóireála leictreimice, ní gá céimeanna snasta, a thógann a lán am chun iad a bhaint amach, a dhéanamh. Sna

hanailísí amach anseo, is í LSP ná leictreoidí a leasadh ag 150 °C ar feadh 15 nóiméid agus a rinneadh réamhchóireáil orthu le haon chiogal voltmhéadrach amháin i 0.2 M H₂SO₄.

3.2.5.1 Tionchar réamhchóireála ar leictreoidí charbóin ghloineacha

Taispeánadh gur bhain inathraitheachtaí in airí thoirteanna agus dromchlacha le LCG, a bhí ag bhrath ar na coinníollacha déantusaíochta [77]. Dá bhrí sin, ní mó gníomhaíocht dromchlach trí réamhchóireáil a dhéanamh, sular bhaintear úsáid astu i gcórais leictriceimiceacha. De gnáth, is é an gníomhaíocht seo ná snasta a dhéanamh i roinnt meascáin d'alumana le méideanna de cháithníní dhifriúla i ndiaidh a chéile. Thug Engstrom agus Strasser cur síos ar na torthaí leictriceimiceacha agus déantaí a bhí ag nós réamhchóireála anóideach-catóideach ar LCG [131]. Trí phoitéinseal de +1.75 V a chur ar feadh 5 nóiméid agus ansin poitéinseal de -1.0 V ar feadh 1 nóiméad, méadaíodh na gníomhaíochtaí leictriceimiceacha agus infhliuchtachta, chomh maith leis na sruthanna cúlra. Ach níor thug siad aon athruithe sa dhromchla-achar nó dinnseachas faoi deara. Chun an cuspóir seo a bhaint amach, rinneadh fiosrú ar thionchar an céim réamhchóireála trí chioglu poitéinsil ar LCG a dhéanamh.

Tá íomha MSL de LCG a snasadh i meascáin d'alumana le méideanna de cháithníní laghdaitheacha (1, 0.3 agus 0.05 µm, faoi seach) agus ansin a shruthlaíodh in uisce déianaithe, léirithe i *bhFigiúr 3.26(A)*. Bhí an dromchla den LCG níos míne ná an LSP agus ní raibh aon scoiltí infheicthe ann. D'fhéadfadh go raibh an easpa cheanglóire agus an nádúr dímhorfach dúchasach den dhromchla carbóin freagrach as seo. D'ainneoin an nós sruthlú seo, d'fhan cáithníní alumana ar dhromchla na leictreoid, cé nach raibh dáileadh leathan ag baint leo. Tá íomhá den leictreoid chéanna a rinneadh sonachas uirthi in uisce déianaithe tar éis snasta a dhéanamh ar feadh 15 nóiméid, léirithe i *bhFigiúr 3.26(B)*. D'ainneoinn an sonachas, d'fhan rinta de cháithníní alumana ar dhromchla na leictreoid. Ach bhí siad suite ag an imeall an comhéadain idir an díosca carbóin gloineach agus an clúdach insliúcháin Teflon[®]. Tá íomha MSL de dhromchla LCG a rinneadh réamhchóireáil uirthi sa shlí chéanna ná mar a bhaineadh amach ar an LSP, léirithe i *bhFigiúr 3.26(C)*. Bhain an céim

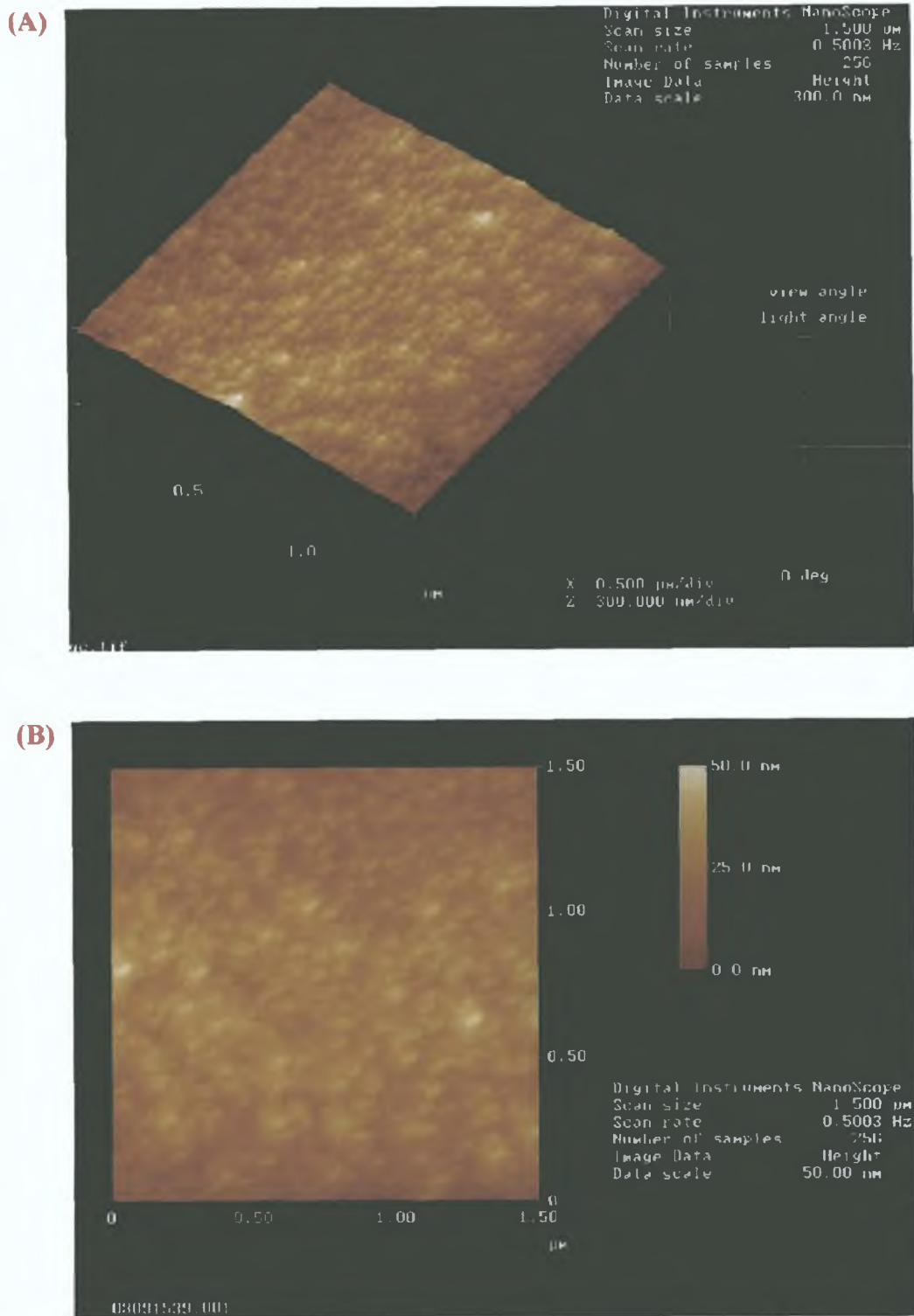
réamhchóireála beagnach gach cáithnín alumana iarmharach, a fhágadh tar éis an nós sonachas, den leictreoid. D'fhan na cáithníní alumana iarmhartha ag an imeall seachtrach den leictreoid, ag an comhéadan Teflon[®]/carbóin gloineach. Ach níor thugadh aon scoilteanna nó méadaithe i míchothromaíocht agus dá bhrí sin i ndromchla-achar na leictreoid, faoi deara tar éis réamhchóireáil a dhéanamh, cé gur mhair an nádúr míne den leictreoid feasta. Tá tuairiscí tugtha ar lochtanna mar seo cheana féin, maidir le LCG a bhí réamhchóireáilte trí choinníollacha réamhanóideacha a dhéanamh [136]. Ba cheart nósanna réamhchóireála a úsáid mar ghnáthchúrsa réamhoiriúnú ar LCG, ionas go mbainfear truailithe snasta den dhromchla carbóin gloineach dóibh.

3.2.5.2 Anailís micreascópach fhórsa adamach

Chuir anailís MFA íomhánna le taifeach níos airde ar fáil ná mar a chuir íomhánna MSL, mar a thaispeánadh sna híomhánna déthoiseacha (2-D) agus tríthoiseacha (3-D) i *bhFigiúr 3.27*. I gcomparáid leis an dromchla LSP, a léiríodh cheana féin i *bhFigiúr 3.5*, ní raibh an dromchla chomh droimneach agus freisin bhí dáileadh cothroim ag baint le míchothroimeacht dromchla na leictreoid. Bhí na láthair níos míchothroimí seo, níos lócáilte ar dhromchla na LSP. Ríomhadh an meánluach míchothroime maidir le Mír 2.3.13 agus baineadh luach de 6.141 nm amach. Bhí an luach seo an t-ochtú cuid den luach a aimsíodh don dhromchla LSP a rinneadh íomhú air i *bhFigiúr 3.5* agus tá sé seo i gcoibhneas leis an dromchla níos míne a chonacthas le hanailís LSM.



Figiúr 3.26: (A) Íomhá LMS de dhromchla leictreoid LCG a bhí snasta le meascáin d'alúmana i ndiaidh a chéile. (B) An leictreoid chéanna sonactha in uisce déianaithe ar feadh 15 nóiméid. (C) Leictreoid réamhchóireáilte a thaispéanann an comhéadan idir an corp plaisteach Teflon® agus an diosca carbóin (1,200 (A) & 1,500 (B – C) x formhéadaithe, modh brathóra LT).

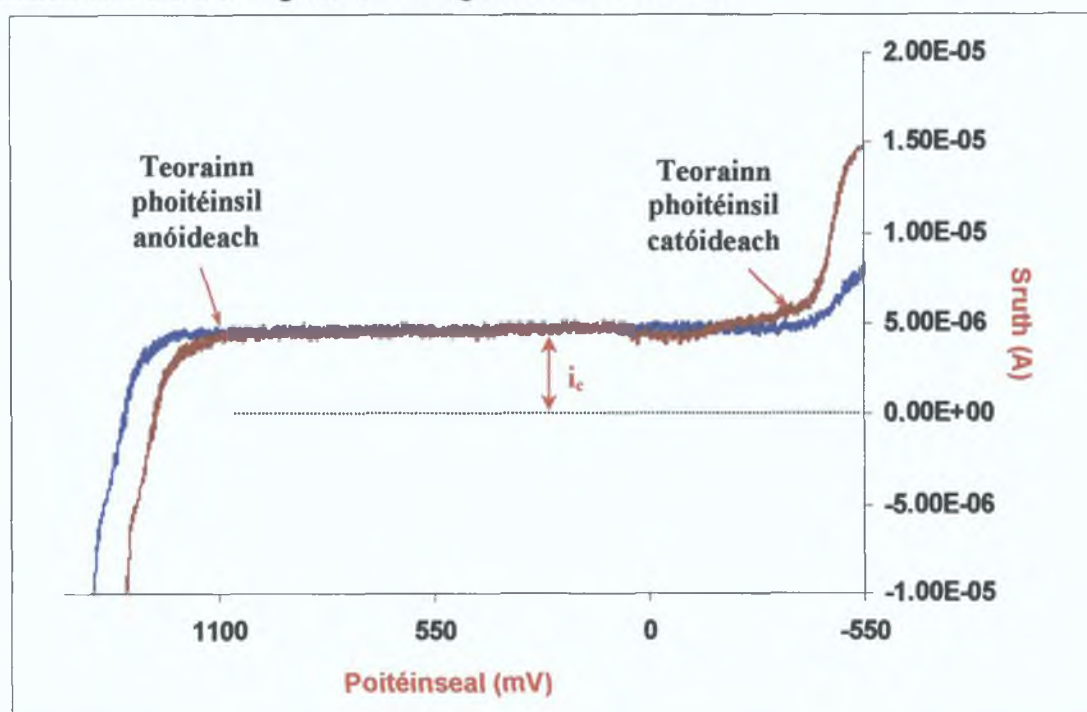


Figúir 3.27: Íomhánna MFA 3-D (A) agus 2-D (B) de dhromchla na leictreoid LCG (modh neamhtheagmhála). Tá an dáileadh míchothroime a bhain le dromchla na leictreoid soiléir ón dá íomhá seo.

3.2.5.3 Anailís leictriceimiceach

3.2.5.3.1 Cinnte ar na fuinneoga phoitéinsil

Tá comparáid déanta i bhFigiúr 3.28 idir na fuinneoga phoitéinsil do LCG agus LSP a bhaineadh amach le voltmhéadracht scanta lineach. Is gnáththorthaí iad an torthaí seo maidir le roinnt samplaí a rinneadh anailís orthu ($n = 4$). Bhí an dá leictreoid cosúla ó thaobh na teorainn poitéinsil anóideacha agus catóideacha de (na forvoltaisí hidrigine agus ocsaigine, faoi seach). B'iad na teorainn phoitéinsiúla chatóideacha ná -300 mV don LSP agus -380 mV don LCG agus b'iad na teorainn anóideacha ná $+1450$ mV don LSP i gcomparáid le $+1550$ mV don LCG. Cé go raibh an fuinneog phoitéinsil don LSP níos cúnga ag 1750 mV ná fuinneog an LCG ag 1930 mV, taispeánann na torthaí seo go raibh imoibríochtaí éagsúla ag baint leis an dá leictreoid. Bhí na sruthanna toilleasacha cúlracha neamhfharaidéithe (i_c), ag $4 \mu\text{A}$, comhionann ag LSP, maidir le LCG a bhí ag tabhairt freagairtí trí shlí idéalach.



Figiúr 3.28: Voltmhéadagramanna scanta lineacha den LCG (gorm) agus den LSP (dearg) i 0.1 M PBS, pH 6.8 (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s) a thaispeánann an nádúr inchomparáide de na fuinneoga phoitéinsil a bhfaightear leis an dá theicníocht (1450 go -300 mV don LSP agus 1550 go -380 mV don LCG). Cé gurb ionann na sruthanna cúlracha (i_c) agus na teorainn phoitéinsil chatóideacha, bhí teorainn phoitéinsil anóideacha níos ísle ag baint leis an LSP.

Cé nár chur sruthanna chúlraha isteach go mór ar thomhais aimpéarmhéadracha, mar gur bhaintear amach iad tar éis na sruthanna dhíomhanta a mheath go luachanna foistine, d'fhéadfadh an sruth seo cur isteach ar an sruth is ísle a d'fhéadfaí a thomas leis an leictreoid agus ansin d'fhéadfadh sé cur isteach ar íogaireacht na measúnachta agus teorainn bratha na measúnachta. Dá bhrí sin, ní bheag an rud é go bhfuil freagairtí chúlraha an LSP inchomparáide le freagairtí an LCG tráchtála. Chomh maith le sin, tá buntáistí ag baint le fuinneog phoitéinsil leathan, cé nach scriosadh giniúint ocsaigin nó hidrigin cisil bhraiteora ghreamacha den leictreoid. Tá tuairiscí ann gur chur an fadhb seo isteach ar bhraiteoirí bunaithe ar leictreoidí óra agus phlatanaim [137].

3.2.5.3.2 *Cinnnte ar na toillis chisil dhúbailte*

Tá íogaireacht ag baint le toilleas cisil dhúbailte, C_{dl} , den leictreoid do chruthú agus do struchtúr an réigiún comhéadanach agus brathann sé seo ar achar na leictreoid. Tá gaol idir C_{dl} agus an sruth toilleasach maidir le Cothromóid 3.2:

$$i_c = C_{dl}A\nu \quad \text{[Cothromóid 3.2]}$$

ina sheasann A do dhromchla-achar na leictreoid oibre (0.071 cm^2), ν don ráta scanta poitéinsiúl agus i_c mar is gnáth. Nuair a rinneadh staidéar thar raon de rátaí scanta, méadaigh na sruthanna toilleasacha ag dromchla an LCG agus an LSP de réir méadaithe sna rátaí scanta. Maidir leis an LCG, baintear úsáid as fána an líne seo chun an toilleas cisil dhúbailte a thomhas (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 28.856x - 0.6525$, $r^2 = 0.9946$), sé sin $4.07 \text{ } \mu\text{F}/\text{cm}^2$. Sa shlí chéanna, baineadh luachanna de $7.08 \text{ } \mu\text{F}/\text{cm}^2$ amach do thoilleas leictreoid an LSP. Thaispeáin sé seo go raibh an achar geoiméadrach chéanna ag baint leis an dá leictreoid, ach fós go raibh achar micreascópach níos airde ag baint leis an LSP ná mar a bhain leis an LCG.

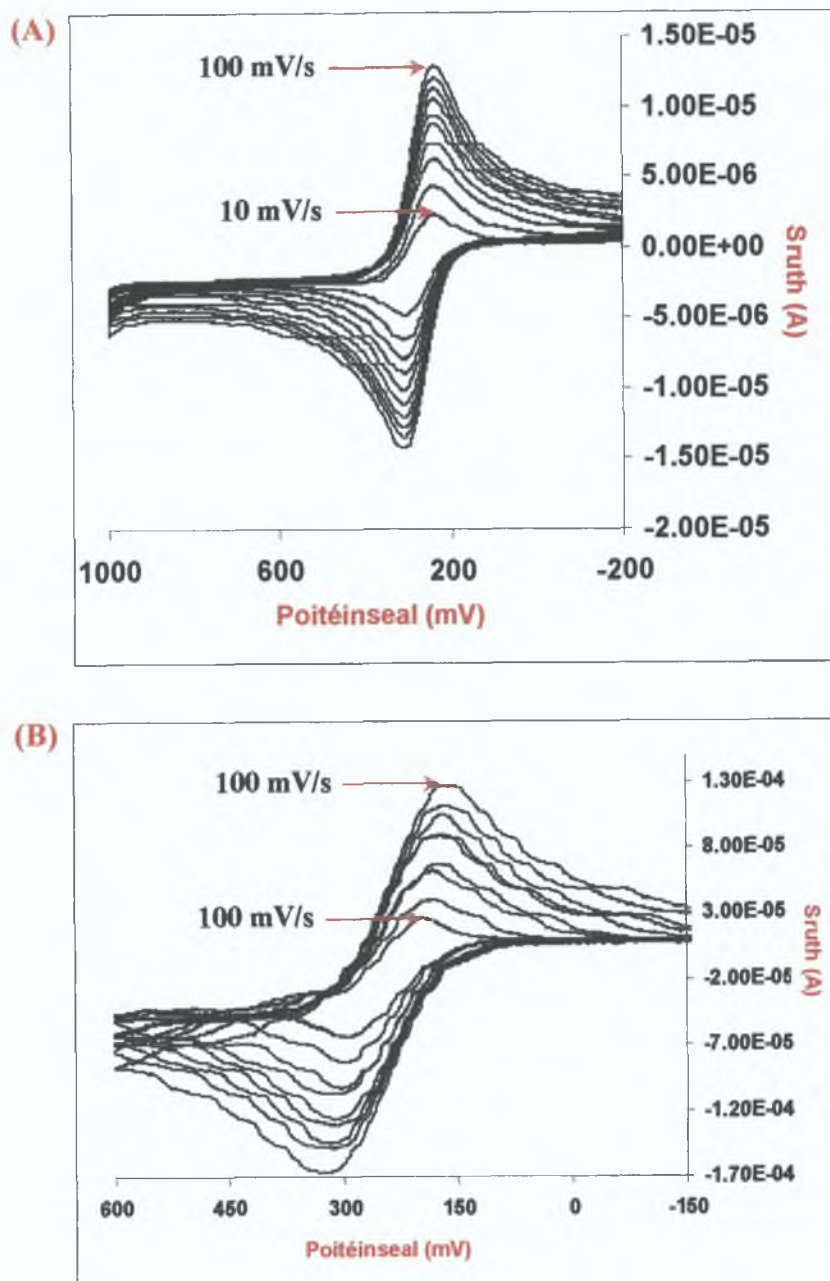
3.2.5.3.3 Cinnte ar na tairisigh rátaí ilchineálacha

I gcomparáid leis an LCG, deirtear go mbíonn cinéitici leictreoidé níos maille ag baint le LSP [100]. Tá comparáid déanta idir gníomhacht leictreiceimiceach an LSP agus an LCG, maidir leis an gcóras rédoicse fearóiciainide, i *bhFigiúr 3.29*. Chun na tairisigh rátaí thraschuir leictreoin a ríomh, rinneadh anailís níos cruinne ar an gcóras seo. I gcóras aon-leictreoidé mar seo, maidir le comhdhúil a bhfuil iompar Nearnstach inchúlaithe ag baint leis, ba cheart go mbeadh deighilt 59/n mV idir na buaice. Ach le córais chuasai-inchúlaithe, méadaíonn na luachana ΔE_p leis an ráta scanta, cé nach bhfuil an ráta cothromaíoch tapaidh go leor chun an cúpla rédoicse a choimeád i staid cothromaíoch fad is atá an poitéinseal ag athrú. San obair seo, méadaigh na luachanna ΔE_p le méadaithe sa ráta scanta don chóras LSP (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = -1.4723x - 0.1856$, $r^2 = 0.9815$) agus don chóras LCG (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = -1.5198x + 0.1043$, $r^2 = 0.9972$), a thaispeánann go bhfuil leictrigníomhaíocht ag baint leis na LSP. Thaispeán an toradh seo, in éineacht leis an nádúr patrún-buaice de na freagairtí voltmhéadracha ón LSP, go raibh an sruth faraidéithe á ríolú ag idirleata líneach leath-infinideach.

Maidir leis an gcóras rédoicse fearóicianíde atá léirithe, méadaigh na deighiltí idir na buaice anóideacha agus catóideacha ó 66 – 76 mV don LCG agus ó 100 – 120 mV don LSP, trí úsáid a bhaint as raon de rátaí scanta ó 10 go 100 mV/s. Bhí sé seo i gcomhréir le hobair Cui *et al.* a bhain úsáid as an ‘rogha foirmliú’ den dhúch Gwent, sé sin uimhir táirge C2000802D2 agus bhaineadar luachanna ΔE_p de 122 mV amach ag ráta scanta de 60 mV/s [79]. Baineadh úsáid as na luachanna ΔE_p seo chun an tairiseach ráta thraschuir leictreoin ilchineálach (k^0 i cm/s) a ríomh don phróiseas rédoicse seo, trí úsáid a bhaint as an cothromóid seo leanas ó Nicholson [138]:

$$k^0 = \Psi \left[D_o \pi \nu \left(\frac{nF}{RT} \right) \right]^{1/2} \left(\frac{D_R}{D_o} \right)^{\alpha/2} \quad [\text{Cothromóid 3.3}]$$

ina sheasann Ψ do pharaiméadar éadoiseach a chuireann ΔE_p agus an tairiseach thraschuir luchta le chéile, D_o don chomhéifeacht idirleata do fheariciainíd (7.6×10^{-6} cm²/s), D_R don chomhéifeacht idirleata do fhearóiciainíd (6.3×10^{-6} cm²/s), α don comhéifeacht thraschuir (0.5) agus R, T, n agus F mar is gnáth.



Figiúr 3.29: Voltmhéadagramanna cioglacha den LCG (A) agus den LSP (B) i 1×10^{-3} M fearóiciainíd agus 0.1 M KCl do leictreoidí le meáchair 0.07 cm^2 ag baint leo (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s). Maidir le rátaí scanta ó 10 – 100 mV, bhí na himoibríoctaí thraschuir leictreoin de na LSP níos maille ($\Delta E_p = 100 - 120 \text{ mV}$) ná mar a bhain leis na LCG ($\Delta E_p = 66 - 76 \text{ mV}$).

Uasmhéadaíodh cruinneas na tomhais ar na luachanna k^0 seo, trí úsáid a bhaint as ríomhchlár 'Microsoft Excel Solver,' a fheil na luachanna ΔE_p go chuar oibre Nicholson de ΔE_p i gcoinne Ψ . Tugann an cothromóid Randles-Ševcik (Cothromóid 1.3) slonn don shruth buaice i voltmhéadagram cioglach. Baintear úsáid as modh Nicholson chun na tairisigh ráta thraschuir leictreoin a thomhas do LCG (1.2×10^{-2} cm/s) agus do LSP (2.2×10^{-3} cm/s), faoi seach.

Baineann na cinéitici thraschuir leictreoin ag leictreoid taos carbóin ar an gcodán den achar graifite ghníomhach ag dromchla na leictreoidé agus ar an gcineál de ghraifit atá meascaithe sa cheanglóir hidreacarbóine polaiméire [129]. D'fheadfadh go raibh an ceanglóir polaiméire sa dhúch carbóin freagrach as an laghdú sa ráta thraschuir leictreoin do LSP agus d'fheadfadh gur chuir sé seo cosc ar na rátaí thraschuir leictreoin trí mhodh ar aon dul le leictreoidí thaois charbóin le holaí mhianracha iontu [129]. Sa chás deirneach seo, bhí an ráta thraschuir leictreoin i gcomhréir inbhéartach leis an méid de hola mianrach sa dhúch. Tá an ceanglóir freagrach as méadaithe sna héifeachtaí fhriotaíochta, atá freagrach go díreach as laghdaithe i luachanna k^0 . Thug Wang *et al.* cúntas ar an iompar rédoicse drochinchúlaithe den chóras fearóicianíde seo, nuair a bhaineadar tairisigh ráta ilchineálacha de $8.2 \pm 0.8 \times 10^{-3}$ cm/s agus deighiltí bhuaice anóideacha-catóideacha de 80 – 130 mV amach do leictreoidí réamhanóideacha a d'ullmhaigh siad leis an dúch chéanna [124]. Thug na húdar tuairisc ar mhéadaithe i ngníomhaíochtaí na leictreoidí le méadaithe sa theocht leasaithe (225 °C), maidir leis an tionchar a bhí acu siúd ar na rátaí thraschuir leictreoin den chóras rédoicse fearóiciainíde. Tá tuairiscí tugtha ar an bhfeabhsú seo sa leictirghníomhaíocht do leictreoidí a ullmhaíodh le dúigh eile [73, 124].

Taispeánann na torthaí seo go bhfuil nádúr inchomparáide ag baint le freagairtí an LCG agus an LSP, d'ainneoinn a ndealbheolaíochtaí struchtúracha dhifriúla. Ach de bharr sochaiteachas nádúrtha an LSP, níl aon gá le nósanna athghiniúna a thógann a lán am, mar shampla snasta dromchlach, a dhéanamh, mar a bhíonn ag teastáil leis an LCG.

3.3 TÁTAIL

Trí pharaiméadair tháirgeacha a hathrú agus trí fhiosrúcháin a dheanamh ar an tionchar a bhí acu siúd ar characterachtaí na leictreoid, roghnaíodh na paraiméadair optamaithe chun LSP a tháirgeadh. B'iad siúd ná leasadh ar thaos carbóin tráchtála neamhathraithe ag 150 °C ar feadh 15 nóiméid. Trí hoptamú agus stiúradh cúramach a choimeád ar na coinníollacha táirgeacha seo, tá LSP atáirgeacha agus imoibríocha táirgithe. Tá cinéitici imoibrithe fhábhracha agus sruthanna cúlracha nach fiú trácht orthu ag baint leis na leictreoidí seo agus tá a hoibrithe i gcomhréir le LCG a úsáideadh cheana féin leis na córais bhithbhraiteora seo. D'fhéadfaí a rá go bhfuil difríochtaí i ndromchla-achair na leictreoidí freagrach as difríochtaí in iompar leictriceimiceach idir an dá leictreoid, le struchtúr níos scagaí agus níos míchothroimí ag baint le deilbheolaíochtaí an LSP. Taispeánadh go raibh an-tionchar ag na paraiméadair leasaithe ar oibriú leictriceimiceach na leictreoidí. Thaispeán MSL gur mhéadaigh an dromchla-achar éifeachtach de ghraifit le meadaithe sa theocht leasaithe agus gur aontaigh na torthaí seo le torthaí a bhaineadh amach go haimpéarmhéadrach.

Cé go raibh slaodacht ard ag baint leis an taos carbóin, theip ar mhionathrú ceimiceach clúdach dromchlach níos fearr a chuir ar na leictreoidí cé gur imigh a n-oibriú leictranailíseacha chun donais. In áit é sin a dhéanamh, trí mhionathrú meicniúil ar an gcóras táirgeadh a dhéanamh le formáid bos dúbailte, feabhasaíodh an clúdú gan chur isteach ar oibriú na leictreoid. De dheasca leasadh agus réamhchóireáil, méadaíodh nádúr hidrifileach dromchla na leictreoid, mar a thaispeántar le laghdaithe friotaíochta agus sna huilínneacha theagmhála. Bhí tionchar cosúil le sin ag baint le réamhchóireáil le scanadh voltmhéadrach cioglach i meán aigéadach agus mar a bhí ag teochtaí leasaithe airde, cé gur chuireadh feabhas ar oibríthe aimpéarmhéadracha agus gur laghdaíodh na hinathruithe idir-leictreoid. Cuirfear na céimeanna seo le nósanna táirgeacha braiteoracha as seo amach.

Caibidil a Ceathar

**Carachtaracht ar Scannáin Pholanailíne a
Ullmhaíodh trí Mhodhanna
Leictriceimiceacha agus Ceimiceacha**

4.1 RÉAMHRÁ

Tá oibrithe bainte amach ag polaiméirí sheoltacha cosúil le PPy, PTh agus PANI i réimsí éagsúla cosúil le clúdacha frithchreimneacha, córais stórála fhuinnimhe agus gásbhraiteoireacht chomh maith le gléasanna leictreacatalaíocha, leictriceimealonracha agus leictreacrómacha [139]. Le linn an deich mbliana seo leanas, tá úsáid bainte as na polaiméirí seo i bhforbairtí bhithbhraiteoracha. Tá léirmheas déanta le déanaí ar fheidhm PPy i gcruthú imdhíonbhraiteoirí [140]. Tá úsáid níos coitianta á bhaint as PANI i bhfeidhmeanna mar sin, de bharr a cobhsaíocht stórála agus a hullmhúchán furasta [141]. Glactar í mar an t-aon polaiméir sheoltach amháin ina bhfuil cobhsaíocht in aeir ag baint léi [142]. D'fhéadfadh go mbeadh PANI in ann roinnt páirteanna áirithe a ghlacadh sa bhithbhraiteoir, mar aon le raon líneach an bhraiteora a leathnú, ardán doghluaisithe a chur ar fáil do bhithchomhbhaill éagsúla agus mar mhaolaire leictreoin. Is féidir an dara ceann a bhaint amach de bharr leictrighníomhaíocht dúchasach PANI. Tá úsáid bainte as scannáin pholaiméire sheoltacha chun airí fhrithscreabhtha a bhronnadh ar an mbraiteoir, ina dhiúltaíonn na scannáin thrasnaíochtaí leictrighníomhaíocha agus speicis screabhaithe cosúil le próitéin. Thug Centonze *et al.* tuairisc ar screabadh a mbraiteoir glúcóis a sheachaint ach gan cur isteach ar ghlúcóis a thaisteal chuig an einsím ODG doghluaiste, trí úsáid a bhaint as scannán PPy leictreapolaiméirithe, [143].

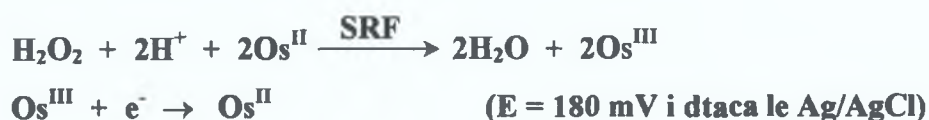
Is drochtheagmháil leictriceimiceacha iad einsímí ina n-aonair, de bharr an blaosc tiubhe de phróitéin a hinslithíonn a láir rédoicse. Tá polaiméirí sheoltacha in ann bealach a cruthú isteach sa bhlaosc seo agus teagmháil leictreach dhíreach a ghineadh idir an lár rédoicse agus dromchla na leictreoidé [144]. Baineann siad é seo amach trí luchtanna a dhílogánú thar raon de ghrúpaí pholaiméireacha sheoltacha, sa slí sin ag obair mar mhaolairí do thraschur leictreoin iomlán iontu féin. Da bhrí sin, ní bhíonn aon gá maolairí idirleathacha bhreise a chur leis an gcóras braiteora chun traschur leictreoin a bhaint amach. Tá sé seo buntáisteach do chobhsaíocht fadtéarmach an bhraiteora, cé gur chuireann teorannú an mhaolaire cosc ar é a láistiú isteach sa thuaslagán agus mar sin ní bhíonn aon gá le scannán teorannú. Le córais neamhmoibrithe mar seo, d'fhéadfaí úsáid a bhaint as na braiteoirí seo mar ghléasanna seasamhacha. Déanann an obair seo cur síos ar an úsáid a bhaineadh as PANI le haghaidh na nósanna seo.

Is féidir PANI a dhoghluaiseach le dromchlaí leictreoidí trí nósanna ceimiceacha nó leictriceimiceacha a dhéanamh. Ní mó coinníollacha aigéide a úsáid sa dá chás seo chun na scannáin pholaiméirithe leis an tseoltacht is airde a cruthú, cé go bhfuil pH íseal ag teastáil chun tuaslagacht a bhaint amach ar an monaiméir [137]. Cruthaítear fréamhchaitian sa dá phróiseas freisin, a nascann le caitian eile chun speiceas démhéireach a cruthú. Leanann a thuilleadh cúpláil le caitiana monaiméireacha ar aghaidh, go dtí gur cruthaítear olagaiméirí chomh mór sin go bhfuil dothuaslagthacht ag baint leo. Ansin doghluaistear an pholaiméir mar sholad ar an leictreoid. Le linn an phróisis ocsaídithe seo, tagann frith-ian ón leictrilít a úsáideadh le linn an polaiméiriúcháin isteach sa pholaiméir, chun neodracht luchtach a choinneáil. Is í fheidhm an t-ocsaídí seo ná chun prótón a bhaint den mhóilín monaiméire, gan nasc comhordanáithe láidir a chruthú leis an bhfoshraith, an idirmheánach nó an táirge deiridh [138]. Le hocsáidiú ceimiceacha, tá méid na frith-éine atá ar fáil teorranta seachas amháin do na cinn a bhfuil baint acu leis an ocsaídí a úsáidtear; b'iad na hocsáidithe is coitianta ná FeCl_3 agus $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Tugann polaiméiriúcháin leictriceimiceach deis chun raon níos fairsinge de héine dópánta a úsáid, cé go mbaintear an t-imoibriú amach i láthair leictrilít oiriúnach in ionad ocsaídí ceimiceach. Chomh maith le sin, cuireann ocsáidiú leictriceimiceach smacht níos fearr ar fáil thar airí an scannáin, cosúil leis an tiús agus an deilbheolaíocht. Dá bhrí sin, is é seo an modh is coitianta a úsáidtear chun scannáin PANI a ullmhú le haghaidh feidhmeanna braiteora.

Is féidir PANI a fhás ar dhromchlaí leictreoidí trí úsáid a bhaint as teicníochtaí ghalbhanóstatacha, phoitéinsiatatacha nó phoitéinsidinimiciúla, cé go mbaintear scannáin níos aonchineálaí amach leis an teicníocht is dearnaí [141]. Chomh maith le sin, níor chuirtear an chuid is mó de heisíontais sna scannáin a fhástar le teicníochtaí scanta [139]. Is féidir polaiméiriúcháin poitéinsidinimiciúl a bhaint amach tríd an poitéinseal a chiogailt idir dá theorainn, ina bhfuil an poitéinseal ocsaídithe curtha san áireamh acu. Taispeánann an voltmhéadagram a tháirgíodh, cruthú agus fás an pholaiméire. Fuaireadar amach go raibh na hairí leictriceimiceacha agus deilbheolaíochta de na scannáin PANI a ullmhaíodh ó thuaslagáin leictrilíte éagsúla, ag baint ar an meán leictrilíte inar bhaineadh an polaiméiriúcháin amach [145]. Mar shampla, thug Yang agus Bard tuairisc ar struchtúr polaiméire níos dlúthrialta tar éis leictreapolaiméiriúcháin a bhaint amach in uisce [146]. I gcontráthacht le seo, thug Naudin *et al.* struchtúr aon-fhoirmeach neamhscagtha faoi deara nuair a bhaineadar an

polaiméiriúcháin amach in aicéitinitríl [147] agus thug Zotti *et al.* tuairisc ar struchtúr le cosúlacht púrógach ag baint leis, trí pholaiméiriúcháin a bhaint amach i leictrilít shárlchlórait aigéadach i gcomparáid le struchtúr scagach ó thuaslagán aigéid sulfarach [148]. Fuarthas amach gur bhain deilbheolaíocht an scannáin PANI ar an ráta scanta a úsáideadh le linn an phróisis cioglach freisin [65, 149]. San obair seo, baineadh úsáid as ráta scanta de 100 mV/s, de réir obair optamúcháin a rinne Iwuoha *et al.* cheana féin [141].

Ba iad Lu *et al.* a mhol an prionsabal den imdhíonbhraiteoir 'sreangach go leictriceach' maidir leis an gcóras polaiméire rédoicse neamh-idirleata [Os(bpy)₂(PVP)₁₀Cl]Cl, (ina sheasann bpy do 2,2'-déipridíl agus PVP do pholai-4-vinilpiridin), chun leictreoin a haistriú ó dhromchla na leictreoidé chuig an antaigin (sé sin, SRF) a bhí nasctha le hantashubstaint [121]. Dhoghluaisigh siad antashubstaint do SRF leis an bpolaiméir ar dhromchla LCG trí thrasnaisc glútairaildeádacha. Nuair a nasc SRF leis an antashubstaint, baineadh 'sreanga-leictreachas' amach idir dromchla na leictreoidé agus láir rédoicse na heinsíme nasctha. Bhain SRF dí-ocsaídiú ar an bhfoshraith H₂O₂ amach, maidir leis na cothromóidí seo leanas:



Mar a dhéocsaídíodh SRF ag an tsárocsaíd, athdhéocsaídíodh arís í ag an dá láir oismiana(II) agus ansin baineadh ocsaídiú amach ar na láir pholaiméireacha rédoicse. Déocsaídíodh na láir oismiana(III) ocsaídithe ag leictreoin a hidirleath ó dhromchla na leictreoidé tríd na láir rédoicse athsheacainte de na sreanga mhóilíneacha. Dá bhrí sin, níor mhéadaigh an sruth catalaíoch de bharr catalú nach raibh cúplaithe go díreach leis an leictreoid tríd an choimpléasc antashubstainte-antaigine agus an córas polaiméire. Bhain a thuilleadh obair optamaithe ar an gcóras braiteora seo teorainn bratha de 0.01 µg/ml amach do SRF agus cuireadh an córas seo le nós iomaíoch chun an vitimín bitin a bhrath [150].

Déanann an obair seo cur síos ar na prionsabail siúd a chur le córas braiteora bunaithe ar PANI/PVS, a úsáideadh cheana féin chun anailís fíor-ama a dhéanamh ar bhitin [117]. Trí úsáid a bhaint as an polaiméir sheoltach PANI, bhí an einsím

‘sreangacha go leictreach’ le dromchla na leictreoidé tríd na sreanga polaiméireacha seoltacha, ina raibh speicis ghníomhaíocha rédoicse mhaolaithe neamhidirleata iontu [150]. Cé nach mbaineann carachtaracht seoltach le scannáin PANI i meáin neamhaigéadacha [147] (sé sin, na timpeallachtaí neodrachacha a bhíonn ag teastáil ón gcuid is mó de phróitéin chun úsáid optamacha a bhaint astú), ní mó an leictrapolaiméiriúcháin a bhaint amach i láthair dópán, sé sin an t-ian PVS. Tríd é sin a chur leis an gcóras, coiméadtar neodracht leictreach i bhfoirm ocsaídite den pholaiméir agus chuireann sé sin le méadaithe ina cobhsaíocht agus a seoltacht ag raon níos fairsinge de luachanna pH [151]. Deir Pekmez *et al.* go maireann an speiceas déocsaídite leocamaraildine agus an speiceas ocsaídite amaraildine (AM) de PANI i dtuaslagáin bunata agus neodrachacha, cé nach mbíonn an méid sin seoltacht ag baint leo [152]. Baineadh déocsaídiú de scannáin PANI amach i bpáirt nuair a choiméadtar an leictreoid ag poitéinsil dhiúltacha agus ansin maireann meascán de na speicis ocsaídite agus déocsaídite agus a bhfréamhchaitiain sa pholaiméir, iad prótonáite go pointí áirithe maidir leis an meán imoibriúcháin. Dá bhrí sin, is féidir úsáid a bhaint as PANI/PVS ina cruth dhéocsaídite mar an maolaire traschuir leictreoin i dtuaslagáin mhaolánacha neodrachacha. Maidir le gach turgnamh aimpéarmhéadrach foistine a dhéantar cur síos air san obair seo, rinneadh polarú ar na leictreoidí phróitéin/PANI/PVS ocsaídite ag poitéinseal de -100 mV i dtaca le Ag/AgCl i dTMF, pH 6.8, inar féidir leis an speiceas polaileocamaraildine déocsaídite seoltach a bheith i láthair.

Ce gur thug polaiméiriúcháin leictriceimiceach deis chun cisil PANI de thiúis shainmhínithe a dheascadh ar dhromchlaí LSP, ba é an míbhuntáiste is mó a bhain leis an teicníocht seo ná nárbh fhéidir clúdach a chur ach ar aon leictreoid amháin ag am faoi leith. Chomh maith le sin, ní mó hionstraimiú leictriceimiceach a úsáid chun é sin a bhaint amach. Bhí iarrachtaí déanta inár tsaotharlann chun scannáin PANI/PVS a chomhdheascadh go leictriceimiceach ar bhanda il-leictreoidé de cheithre LSP trí úsáid a bhaint as il-poitéinseastát (torthaí neamhfhoilsithe). Ach bhí neamhsheasmhacht ag baint leis na deascanna seo, le leibhéil dhifriúla de pholaiméir curtha le gach leictreoid. Cuireadh an dearcadh leictreoidé síos le seo, cé go raibh difríochtaí gheoiméadracha agus difríochtaí idir achair na leictreoidí oibrithe agus thagartha agus d’fhéadfadh go mbeadh difríochtaí san íseal IR thar na leictreoidí mar thoradh orthu sin. Chomh maith le sin, bhí achar ón gcónasc leictreach go dromchla na leictreoidé oibre difriúil do gach leictreoid agus d’fhéadfaí friotaíochtaí chosáine

dhifriúla agus dá bhrí sin friotaíochtaí shraithe dhifriúla, a bheith ann freisin (Antóin Ó Coilleárd, Aoife Ní Mhuirín, Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, teagmhálacha pearsanta). B'fhéidir go mbeifí in ann na deacrachtaí seo a shárú le dearcadh níos fearr áfach. Mar sin féin, ní oireann polaiméiriúcháin leictriceimiceach do holltáirgeacht, go háirithe maidir le gléasanna braiteora aon-úsáideacha agus ceapann roinnt údair nach teicníocht oiriúnach le haghaidh deascadh a bhaint amach i VC, maidir le hoibrithe thionsclaíochta de PANI [153].

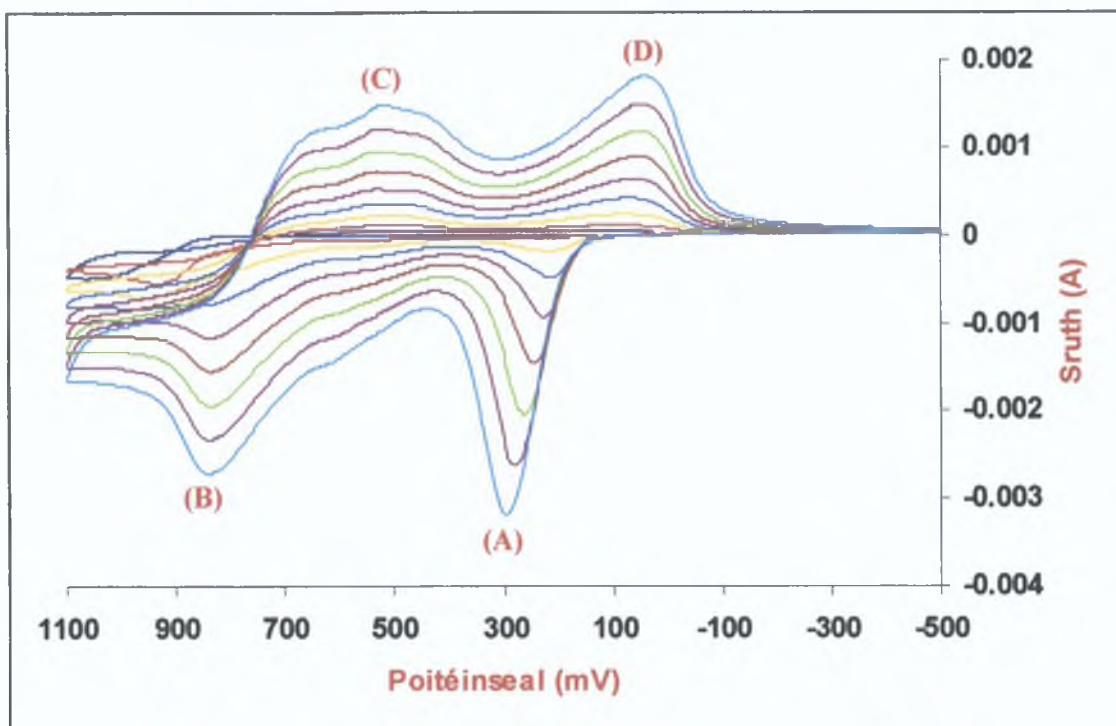
Dá bhrí sin, rinneadh fiosrú ar mhodh ceimiceach de pholaiméiriúcháin san obair seo, chun a fháil amach an raibh sé oiriúnach don chóras bithbhraiteora bunaithe. Chuirfeadh modh mar seo cumas ar mhéid níos mó de leictreoidí a ullmhú *in situ* gan úsáid a bhaint as teicníochtaí ionstraimithe. Ní minic a chuirtear an theicníocht seo le cruthú braiteoirí leictriceimiceacha, de dheasca an easpa smacht atá ar an bpróiseas deasctha [154]. Tá polaiméiriúcháin ceimiceach d'anailín buntáisteach toisc gurbh fhéidir í a bhaint amach ar mhéid níos mó de leictreoidí ag an am chéanna, trí úsáid a bhaint as ábhair shaotharlainne bhunúsacha. Ach cothromaíonn an buntáiste olltáirgeach seo ag na deacrachtaí a bhaineann le smacht a choinneáil ar thiúis na scannáin dheasctha, a chuireann le drochatairgeacht agus inathraitheachtaí idir-baisce agus neamhbhaisce níos airde. Ba iad na tréith is tábhachtaí a bhfuil tionchar acu ar pholaiméiriúcháin ceimiceach anailíne ná tiúchán agus fuinneamh ocsaídithe an ocsaídí a úsáidtear. Bíonn athruithe sa ráta agus sa léibhéal dópála mar thoradh ar athruithe sna hairí sin, má bhíonn tiúchán na monaiméara leor sin chun deasctha rialaithe ag idirleathadh a sheachaint [137]. Má tá tiúchán na monaiméara ró-íseal, d'fhéadfadh sé seo cur isteach ar ráta an pholaiméiriúcháin, cé go mbeadh deasctha rialaithe ag idirleathadh i gceannas maidir le cásanna mar seo. Cé go bhfuil an raon de choinníollacha deasctha gurbh fhéidir mionathrú a dhéanamh orthu teoranta i gcomparáid le polaiméiriúcháin leictriceimiceach, d'fhéadfaí gnéithe cosúil leis an teicníocht agus an thoirt dheascaithe agus na coinníollacha thrimiú a hathrú chun iarrachtaí a dhéanamh smacht níos fearr a fháil ar thiúis na scannáin. Tá cur síos déanta sa chaibidil seo ar iarrachtaí chun na bhfactóirí tháirgeacha a d'fhéadfadh smacht níos fearr a chur ar an bpróiseas deasctha a fhiosrú, ionas gurbh fhéidir braiteoirí atáirgeacha a ullmhú ó scannáin PANI a bhí polaiméirithe go ceimiceach. Chomh maith le sin, rinneadh carachtaracht ar scannáin PANI a ullmhaíodh go ceimiceach agus go leictriceimiceach le raon de theicníochtaí mhicreascópacha,

speictreascópacha agus leictriceimiceacha chun tuiscint níos cruinne a fháil ar a bhfeidhm agus mar sin de, chun oibriú an bhraiteora déanta a hoptamú.

4.2 TORTHAÍ AGUS PLÉ

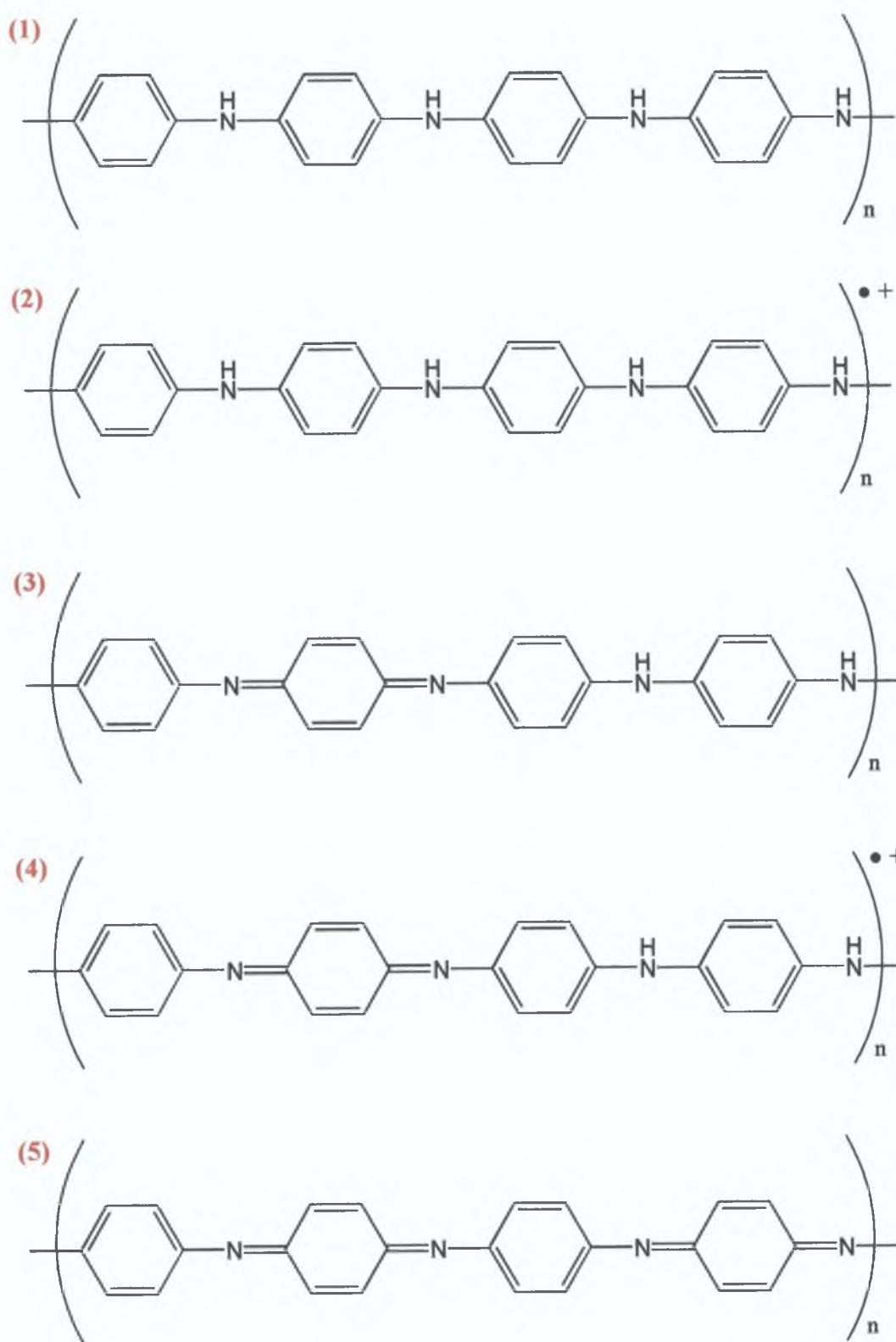
4.2.1 Polaiméiriúcháin leictriceimiceach de hanailín

Sintéisíodh scannáin PANI ullmhaithe go leictriceimiceach trí mhodh poitéinsidhinimiciúil i 1 M HCl, trí hocsaidiú anódach a dhéanamh ar anailín. Cuireadh tús leis an nós polaiméiriúchána trí chaitinfhréamhacha anailíne a bhí cobhsaithe go hathshondais a chruthú ón monaiméir anailíne prótónáitithe. Tá voltmhéadagram cioglach tipiciúil den nós polaiméiriúchána PANI/PVS léirithe i *bhFigiúr 4.1*. Tagann dhá phróisis ar PANI i meán aigéadach, de réir an dá ghrúpaí bhuaice rédoicse a chonacthas. Tá na próisis seo leanas freagrach as na buaice sa voltmhéadagram seo; ocsaidiú LM chuig a fhréamhchaitian, LM^{*+} ag ca. 296 mV (A), ocsaidiú LM^{*+} chuig AM ag ca. 844 mV (B), dí-ocsaidiú AM chuig AM^{*+} dí-ocsaidithe ar bhealach ag ca. 508 mV (C) agus dí-ocsaidiú AM^{*+} chuig LM atá dí-ocsaidithe go hiomlán ag ca. 36 mV (D) [141]. Tá na haonaid struchtúra de na staideanna éagsúla de PANI léirithe i Scéim 4.1. Tá sé soiléir ó *bhFigiúr 4.1* gur mhéadaigh tiús an pholaiméire trí roinnt ciogail phoitéinsúla a bhaint amach i ndiaidh a chéile, cé gur thugadh méadaithe sna sruthanna anódacha agus catódacha faoi deara, a bhfuil baint acu le hocsaidiú agus dí-ocsaidiú an pholaiméire nasctha leis an dromchla. Tá buntáiste ag baint leis an modh deasctha seo cé gurbh fhéidir teorainn a chur ar an méid den ábhar leictrighníomhaíoch a dheascadh, trí theorainn a chur ar uimhir na gciogail phoitéinsúla. Pléfar an tionchar atá ag tiús an pholaiméire ar roinnt gnéithe éagsúla de na hoibrithe bhraiteoracha chomhthoracha i Mír 4.2.1.2.

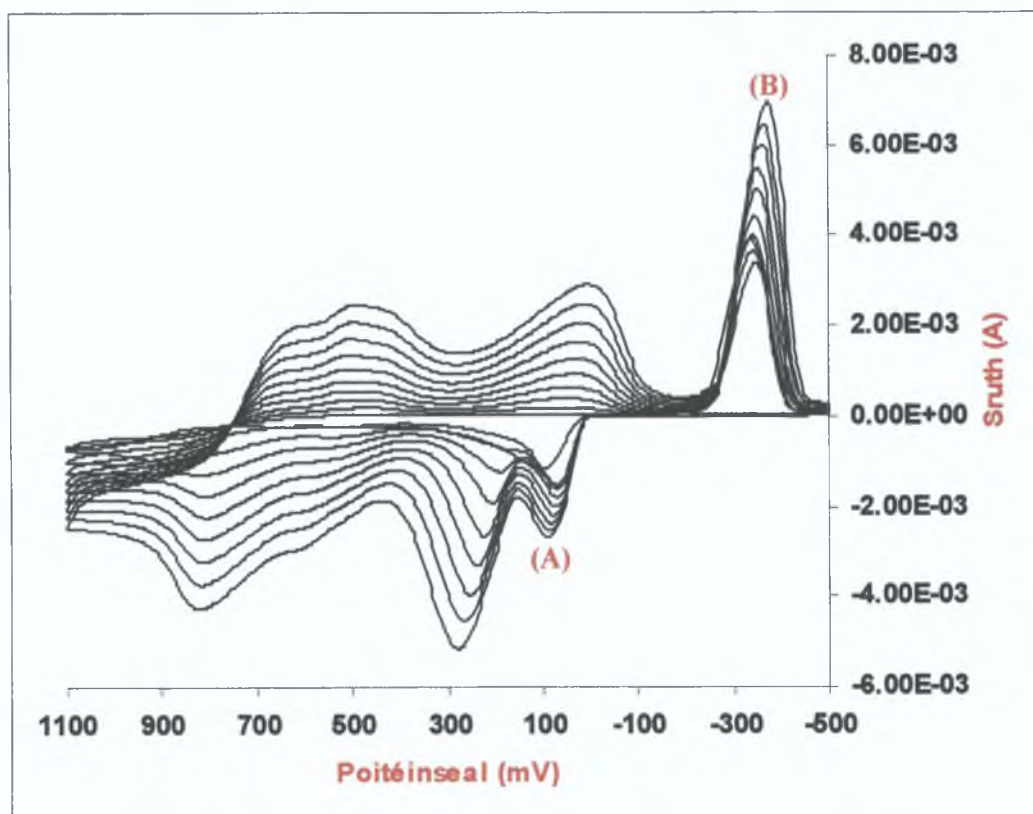


Figióir 4.1: Leictirisintéis an scannáin PANI/PVS i 1 M HCl ar dhromchla LSP (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s). Taispeántar roinnt ciogail i ndiaidh a chéile, atá de réir méadaithe i dtiús an scannáin polaiméire le linn an nós deasctha agus a thaispeánann go bhfuil an polaiméir ag fás. Seasann na buaice thréitheacha don dhá chúplaithe rédoicse de PANI; (A) ocsaidiú LM go LM^{++} , (B) ocsaidiú LM^{++} go AM (C) déocsaidiú AM go dtí an fréamhchaitian polamaraidín (AM^{++}) agus (D) déocsaidiú AM^{++} go LM.

Baineann an polaiméiriúcháin i *bhFigióir 4.1* le LSP nuair nach bhfuil aon bhuaiceanna i láthair de bharr fhorchóireáil nó fhochlúdú. Tá an tionchar a bhí ag na fachtóirí seo (a phléadh cheana féin i Mír 3.2.4) ar pholaiméiriúcháin PANI/PVS, léirithe sa vholtmhéadagram tipiciúil i *bhFigióir 4.2*. Baineann na buaice ocsaidithe agus dí-ocsaidithe ag 90 mV agus -370 mV, faoi seach, do noctadh na bhfochosáin sheoltacha airgid. Ní chuireann na buaiceanna seo isteach ar an gciogal polaiméiriúchána, cé go riabh na buaiceanna rédoicse PANI fós le feiscint agus fós sainithe gó gear. Pléfeair roinnt tionchair réamhchóireála eile a chur isteach ar an bpróiseas polaiméiriúcháin i Mír 4.2.1.4.



Scéim 4.1: Na staideanna éagsúla de PANI a maireann le linn an pholaiméiriúcháin leictreimiceach; (1) LM, (2) LM^{•+}, (3) EM, (4) EM^{•+}, (5) pernigranailín.



Figúir 4.2: Leictrisintéis an scannáin PANI/PVS i 1 M HCl ar LSP ina raibh an cosán seoltach airgid nochtha tríd an taos carbóin (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s). Bhí deascadh PANI ar an bhfochosán airgid freagrach as na buaice (A) agus (B).

4.2.1.1 Tréithí struchtúra de scannáin pholaiméireacha

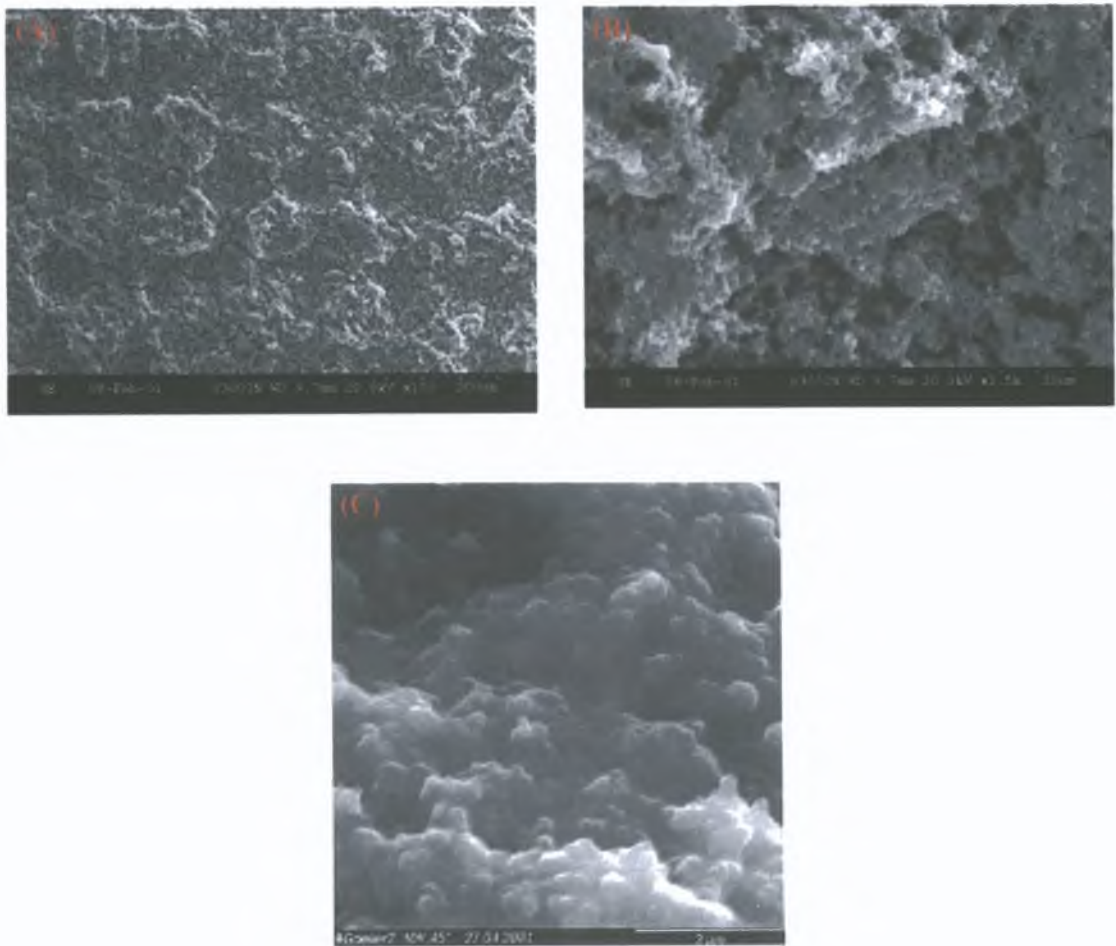
4.2.1.1.1 Anailís leictreonmhicreascópach scanacháine

Tá íomhánna leictreonmhicreascópacha scanacháine de PANI/PVS a fhásadh go poitéinsidhinimiciúil le deich gciogal rédoicse, léirithe i *bhFigiúr 4.3*. Léiríonn íomhánna le formhéadúchána níos ísle, cosúil le *Figiúr 4.3(A)* an tslí ina chaitheann patrún an mhogail, scáil ar an gclúdach polaiméire. Ag formhéadaithe níos airde, cosúil le *Figiúr 4.3(B)* agus *4.3(C)*, tá bachlóga nó núicléis de PANI soiléir. Bhí cosúlacht ‘cóilise’ ag baint leo, a haontaigh leis na deilbheolaíochtaí chruinníneacha do PANI atá luaite in áiteanna eile [145]. Taispeánann na híomhánna go léir an dromchla-achar ard 3-D a bhaineann le polaiméir ar leictreoidí mar seo. Cúis amháin

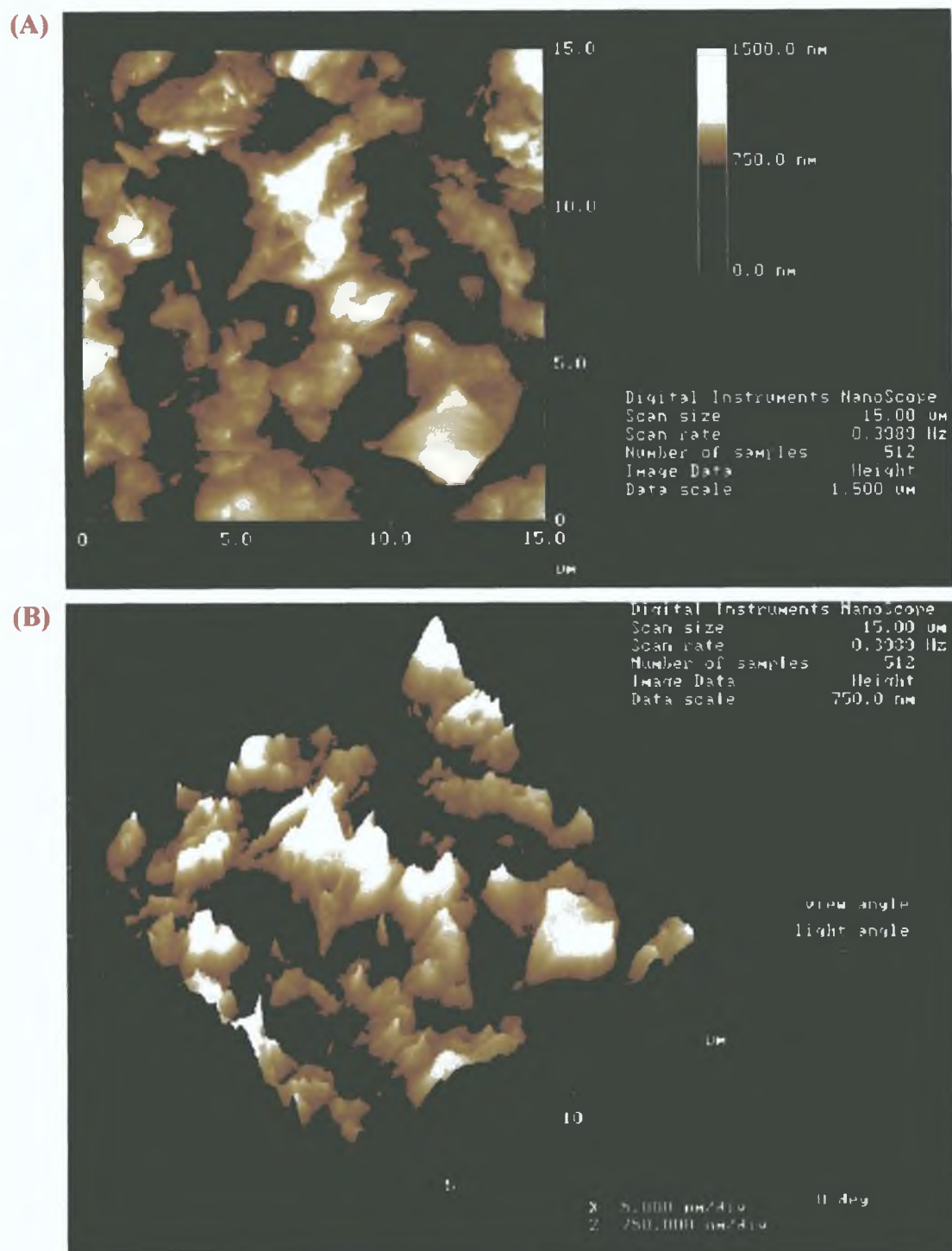
a d'fhéadfadh a bheith freagrach as cosúlacht cóilise na scannáin seo, ná bolgáin d'ocsaigín a chruthaíodh ag dromchla na leictreoid le linn an polaiméiriúchána, ionas gur fhás an pholaiméir timpeall orthu le linn an phróisis polaiméiriúchána. Tugadh na héifeachtaí seo faoi deara cheana féin maidir le scannáin PPy, a rinneadh meicníocht núicléatú agus fás le linn an phróisis leictreapolaiméiriúchána [155] (Ruairí Mac an Aoire, Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, teagmháil pearsanta). Tá an slí cóilise inar dheasadh an scannán PANI ar dhromchla na leictreoid tréitheach don mheicníocht núicléatú agus fás chéanna [147]. Is féidir núicléatú a chur i ranga meandrach nó hascnamhach. De bharr an nádúr garbh agus cruinníneach a bhaineann leis an deilbheolaíocht dromchlach seo, dealródh an scéal gurb é núicléatú meandrach a tharlaíonn de bharr na coinníollacha turgnamhacha a úsáidtear leis na turgnaimh seo. Tarlaíonn sé seo de bharr fás núicleisí ar a mbunshuímh ar an dromchla leictreoid nachta, gan núicléis nua a cruthú. Tháirgfí núicléatú ascnamhach scannáin le deilbheolaíocht níos filrili ag baint leo [156]. Le núicléatú ascnamhach, d'fhásfaí na núicléis ar núicléis nua chomh maith le ar na bunshuímh agus bheadh deilbheolaíocht i bhfad níos cothroime ag baint leis an dromchla, a bheadh cuimsithe de cháithníní núicléise níos lú. Baineadh úsáid as tomhais MFA le taifeach níos airde mar chruthú ar an teoiric seo maidir le nádúr an mheicníochta.

4.2.1.1.2 *Anailís mhiocreascópach fhórsa adamach*

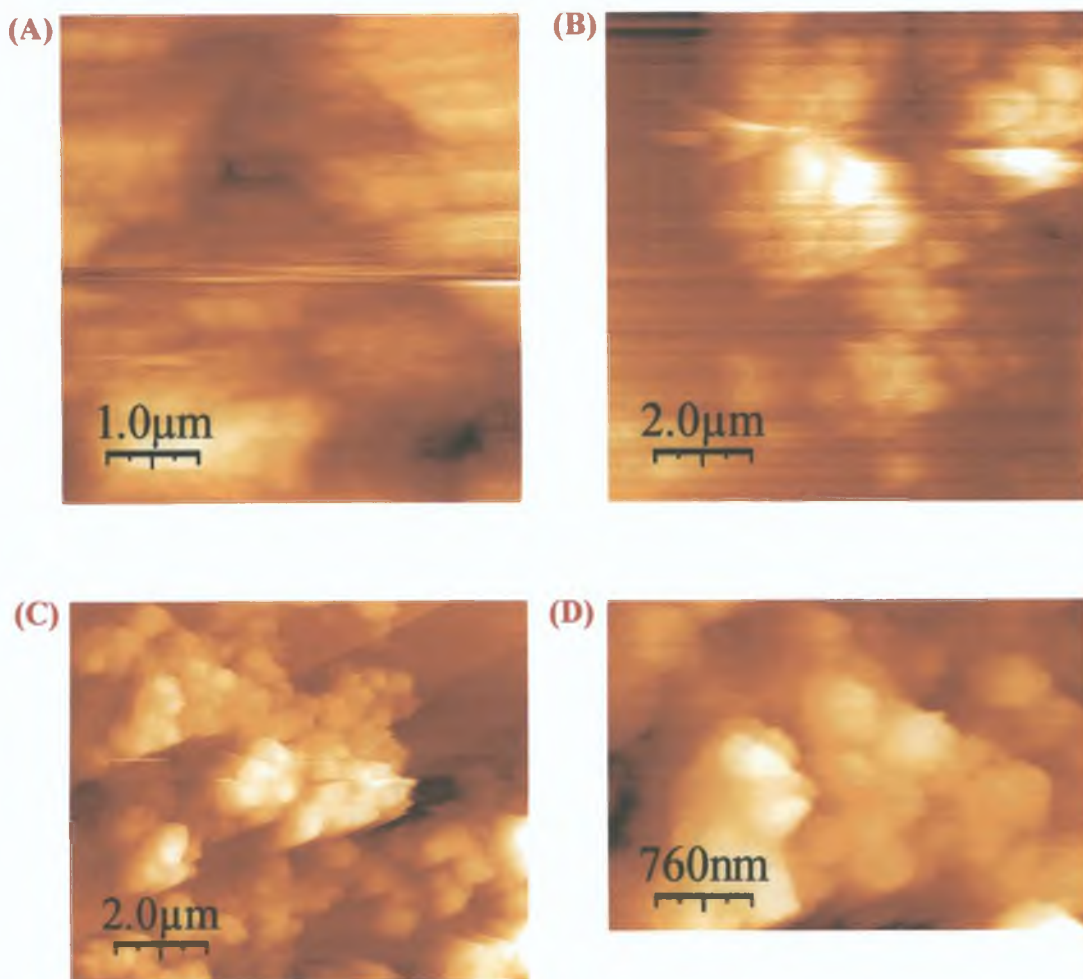
De bharr an nádúr a bhain leis na scannáin PANI/PVS, baineadh úsáid as an modh cnagtha in ionad an modh teagmhála chun na tomhais MFA a dhéanamh, ionas nach gcruthfaí idirghníomhaithe láidre idir an tóireadóir agus an sampla, a d'fhéadfadh damáiste a dhéanamh don bhior nó a d'fhéadfaí an sampla a dhílaithriú. Mar a thaispeántar i *bhFigiúr 4.4*, comhlánaíonn na híomhánna MFA de dhromchlaí na LSP híomhánna MSL a thaispeánadh cheana féin, cé go bhfuil an cuma cóilise soiléir ag na taifeachaí níos airde seo. Léiríonn na híomhánna le taifeachaí níos airde i *bhFigiúr 4.5* na núicléis de PANI, a bhfuil méid idir 100 agus 400 nm ag baint leo, i tslí níos cruinne.



Figiúr 4.3: Íomhánna MSL don chomhpholaiméir, a fhásadh ar dhromchlaí LSP le 10 ciogail rédoicse; (A) 200 μm , (B) 20 μm agus (C) 3 μm ar thaifeach. (150, 1,500 & 10,000 x formhéadaithe, modh brathóra LT).



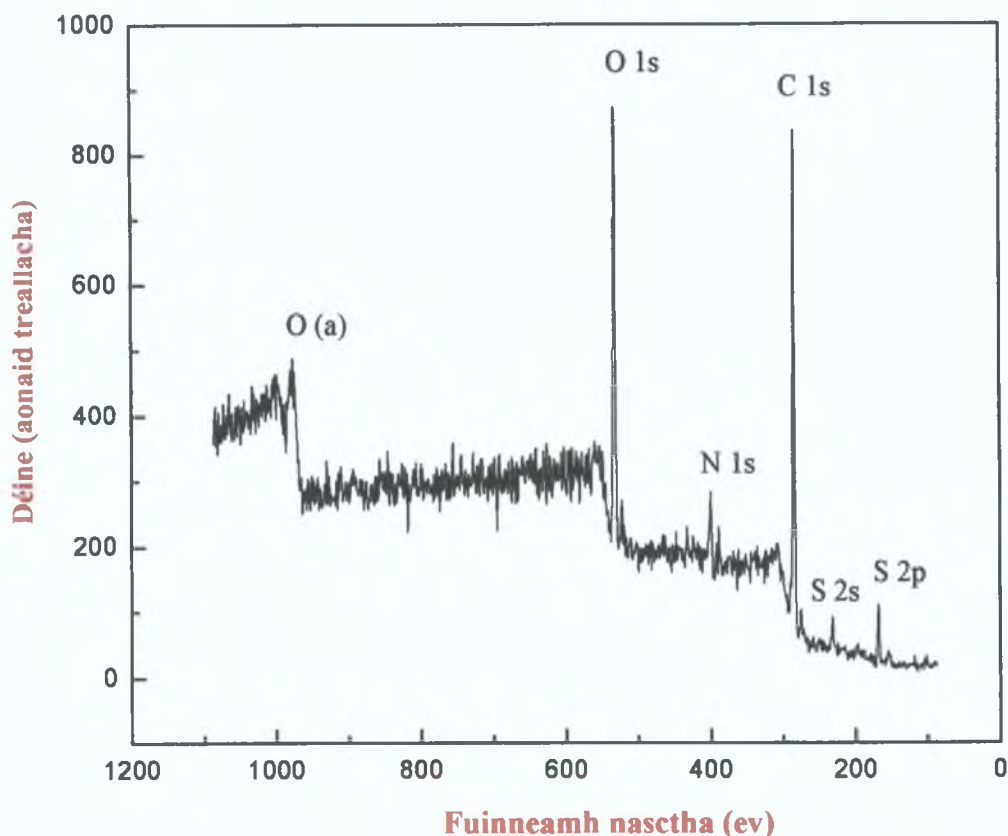
Figiúr 4.4: Íomhánna MFA 2-D (A) agus 3-D (B) de dhromchla LSP a bhí mionathruithe le PANI/PVS (modh cnagtha). Chlúdaigh bachlóga nó núicléis den chomhpholaimeir dromchla na leictreoidé agus chur sé seo le méadaithe in achar na leictreoidé.



Figiúr 4.5: Íomhánna MFA le taifeach níos airde de PANI/PVS ar dhromchlaí LSP, a thaispeánann na bachlóga and an cuma ‘cóilise’ den pholaiméir (modh cnagtha).

4.2.1.1.3 Anailís speictreascópach fhótaileictreoin X-ghathach

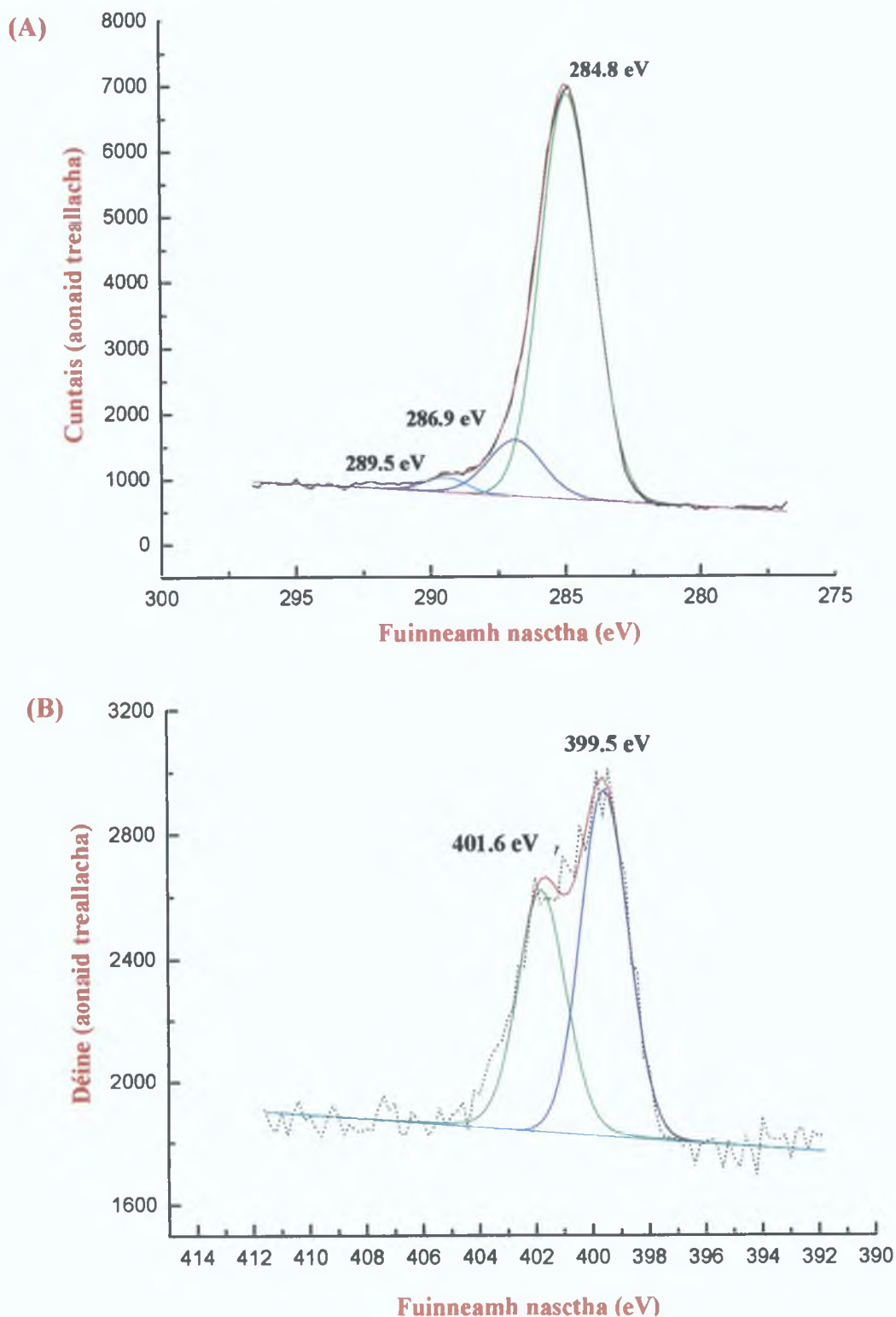
Cé go mbaintear úsáid as go príomhúil chun nádúr na n-idirgníomhaithe idir próitéiní agus an dromchla PANI/PVS a fhiosrú, úsáideadh SFX chun íomhánna ‘cúlracha’ a bhaint amach freisin. Táispéantar an scanach tuairisce a ghineadh ó LSP clúdaithe le PANI/PVS i bhFigiúr 4.6. Léiríonn an scanach seo láithreachta dúil charbóin, ocsaigine, nítrigine agus shulfair ar dhromchla na leictreoid.



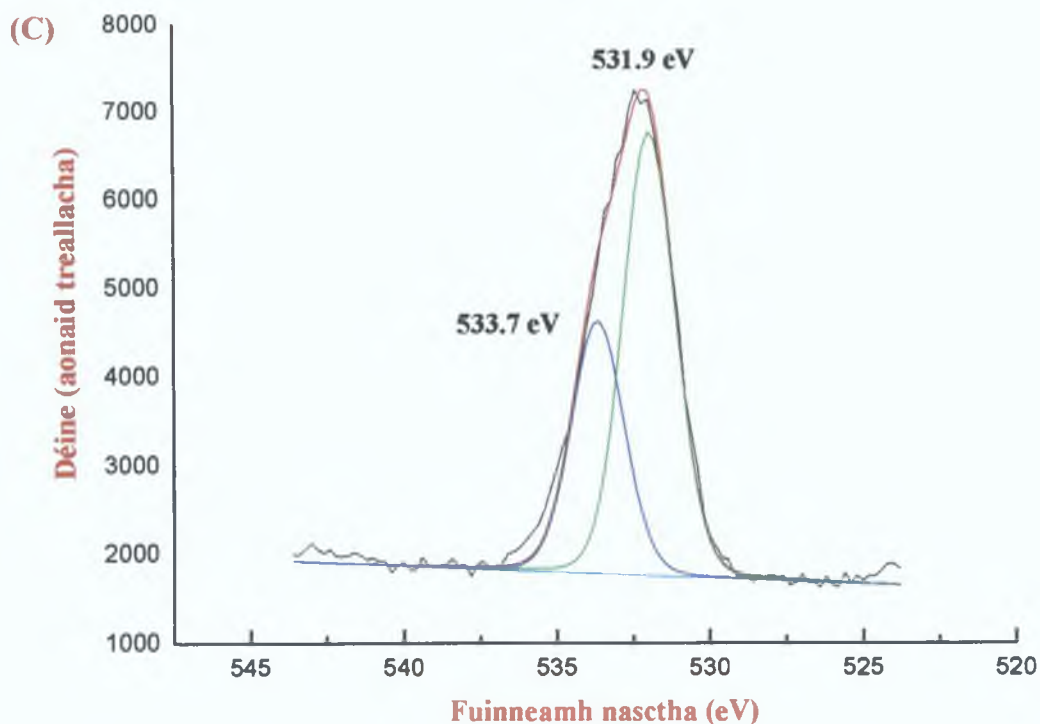
Figióir 4.6: Scanach tuairisce SFX de LSP clúdaithe le PANI/PVS.

Tá na speictrim SFX charbóin 1s, nítrigine 1s agus ocsaigine 1s den leictreoid chéanna léirithe i *bhFigióir 4.7(A) – (C)*. Chun cúiteamh le héifeachtaí luchtacha dhromchlacha, rinneadh tagairt ag gach speictream don bhuaic fuinneamh nasctha carbóin 1s (284.6 eV). Sa réigiún speictreach C 1s atá léirithe i *bhFigióir 4.8(A)*, cuireadh an buaic ag 284.8 eV (84%) síos do na hidreacarbóin sháithithe nó na hidreacarbóin a bhain leis na fáinní aramatacha. D’fhéadfadh an fuinneamh nasctha níos airde de 286.9 eV (12%) a chur síos le naisc C–N, leis an bhfuinneamh níos airde de 289.5 eV a chur síos le buaice chroitheacha shatailíte. Sa réigiún speictreach N 1s atá léirithe i *bhFigióir 4.7(B)*, feictear go raibh dá chineál d’adaimh nítrigine sa choimpléasc PANI/PVS. Léiríonn an réigiún speictreach O 1s, i *bhFigióir 4.7(C)*, go raibh dhá thimpeallachtaí ocsaigine sa scannán polaiméire, le fuinnimh nasctha de 531.9 eV agus 533.7 eV ag baint leo, faoi seach. Baineann siad siúd leis an dá chineál d’adaimh ocsaigine i bPANI/PVS a d’fhéadfadh go raibh ocsaigin a bhí asúite leis an

tscannán polaiméire freagrach astu. Déanfar cur síos níos cruinne ar na speictrim seo i Mír 5.2.1.3 nuair a dhéanfar comparáid eatarthu agus speictrim de scannáin PANI/PVS clúdaithe le próitéin.



Figiúr 4.7: Speictrim SFX charbóin 1s (A) agus nítrigine 1s (B) do LSP clúdaithe le PANI/PVS.



Figúir 4.7: ar leanúint. Speictream SFX ocsaigine 1s (C) do LSP clúdaithe le PANI/PVS.

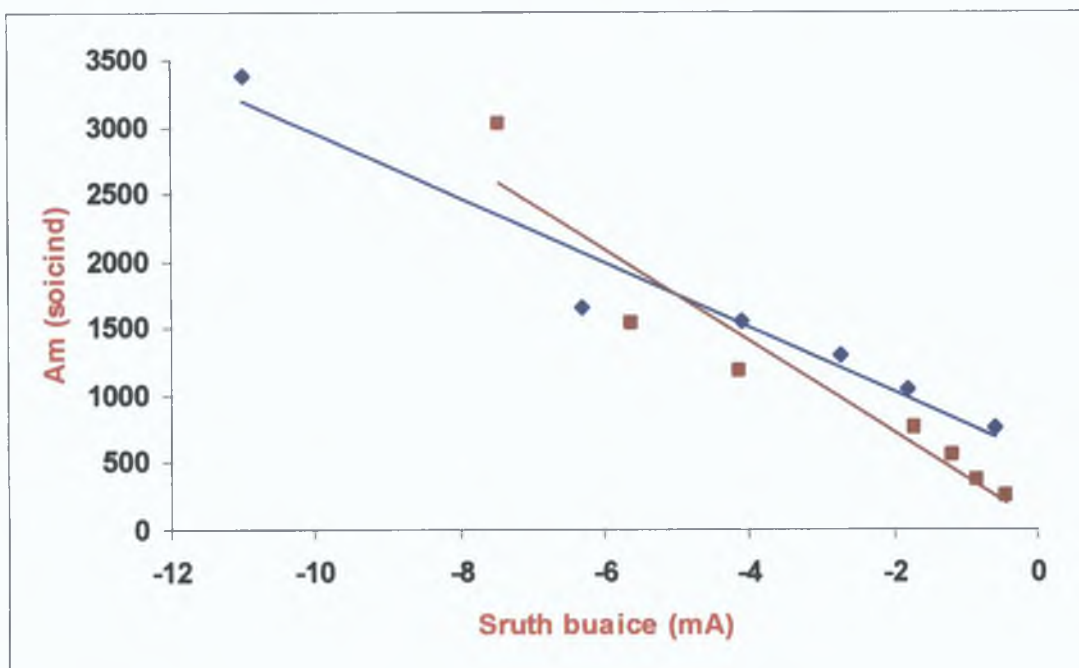
4.2.1.2 Tionchar tiús an pholaiméire ar airí bhraiteoracha

Brathann an íogaireacht agus an teorainn bratha a d'fhéadfadh braiteoir anailiseach a bhaint amach, ar an sruth cúlrach a bhaineann leis an ábhar. Do bhraiteoirí bunaithe ar pholaiméirí, bíonn an sruth seo mar fheidhm ar dheilbhíocht an pholaiméire, a mbrathann ar na coinníollacha leictreapolaiméiriúchána agus ar nádúr na frith-éine a chuireadh isteach sna sreanga polaiméireacha fáis [157]. Brathann am freagartha an bhithbhraiteora agus an ráta traschuir leictreoin ar thiús an scannáin polaiméire freisin. Tá gaol díreach idir an méid de pholaiméir a dheascadh agus an méid iomlán den lucht a shleamhnaíonn thart le linn an fháis. Cé gur chailleadh chuid den lucht trí olagaiméirí a chruthú, d'fhéadfaí smacht a chur ar thiús an scannáin tríd iad a fhás go luach luchta faoi leith. San obair seo, fásadh scannáin pholaiméireacha le tiúis éagsúla ar dhromchlaí leictreoidí trí shmacht a chur ar an méid de scanta poitéinsil a úsáideadh sa phróiseas voltmhéadrach, go dtí gur bhaineadh luach luchta faoi leith amach, atá curtha in iúl ag sruth an chéad bhuaic ocsaídite (*Figúir 4.1(A)*).

Baineadh fiosruithe amach faoin tiús optamaithe de pholaiméir, trí úsáid a bhaint as leictreoidé PANI/PVS i gcruth bithbhraiteora SRF. Do-ghluaiseadh SRF ag tiúcán de 0.5 mg/ml le leictreoidí a hullmhaíodh le tiúis éagsúla de PANI/PVS, maidir le Mír 2.3.10.1. Maidir le hobair a rinneadh cheana féin le braiteoirí aimpéarmhéadracha bunaithe ar PANI, baineadh úsáid as 10 gciogal rédoicse mar bhunthomas le linn an phróisis polaiméiriúchána [117]. Baineadh sruth anóideach thart ar -2.8 mA amach don chéad bhuaic ocsaídiúcháin atá de réir cruthú an LM^{*+} , cé go hathraíonn an airde cruinn beagáinín ó leictreoid go leictreoid. Rinneadh fiosruithe ar na freagairtí aimpéarmhéadracha a bhí mar thoradh ar na hathruithe seo i dtiús an pholaiméire maidir leis an t-am a thóg sé chun foistine a bhaint amach, na sruthanna cúlracha, na sruthanna luchtá agus méid na freagairtí bhraiteora. Baineadh na fiosruithe seo amach ar LCG agus LSP.

4.2.1.2.1 Amanna freagartha an bhraiteora

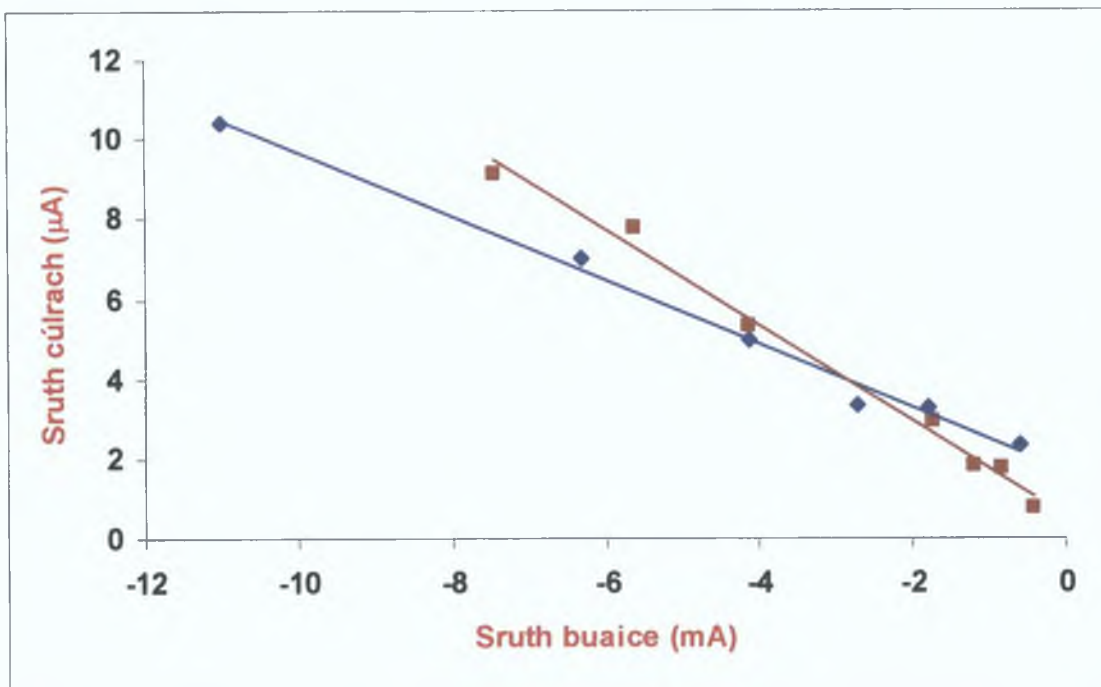
Tá an tionchar a bhí ag tiús an scannáin polaiméire ar an am a thóg sé chun foistine a bhaint amach (nuair a chuireadh poitéinseal de -100 mV leis) agus dá bhrí sin ar am freagartha den bhraiteoir, léirithe i *bhFigiúr 4.8*. Bhí treocht shúdailíneach ann don LCG agus don LSP, le méadaithe san am a thóg sé chun foistine a bhaint amach ag méadú maidir le tiús an pholaiméire sa dhá chás. Bhíothas ag súil le seo cé go mbeadh níos mó amanna díluchtaithe ag teastáil ó scannáin pholaiméireacha níos tiubhe sular fhéidir foshraitheanna nó anailítí a chur leo. Maidir le gach tiús, thóg braiteoirí bunaithe ar LSP níos mó amanna díluchtaithe ná mar a thóg braiteoirí bunaithe ar LCG. Ba é an t-adhmad a d'fhéadfadh a bhaint as seo ná go mbeadh scannáin pholaiméireacha níos tanaí, níos oiriúnaí do tháirgeacht braiteoirí, cé gur thugadh amanna freagartha níos ísle deis chun anailít a chur leis an gcóras níos luaithe agus bheadh amanna anailíse níos giorra ag baint le braiteoirí mar seo.



Figiúr 4.8: Tionchar tiús an pholaiméire ar an am freagartha de bhraiteoirí bunaithe ar LSP (gorm), $y = -239.67x + 556.11$; $r^2 = 0.9489$ agus LCG (dearg), $y = -338.96x + 61.379$; $r^2 = 0.9156$ (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

4.2.1.2.2 Sruthanna cúlracha an bhraiteora

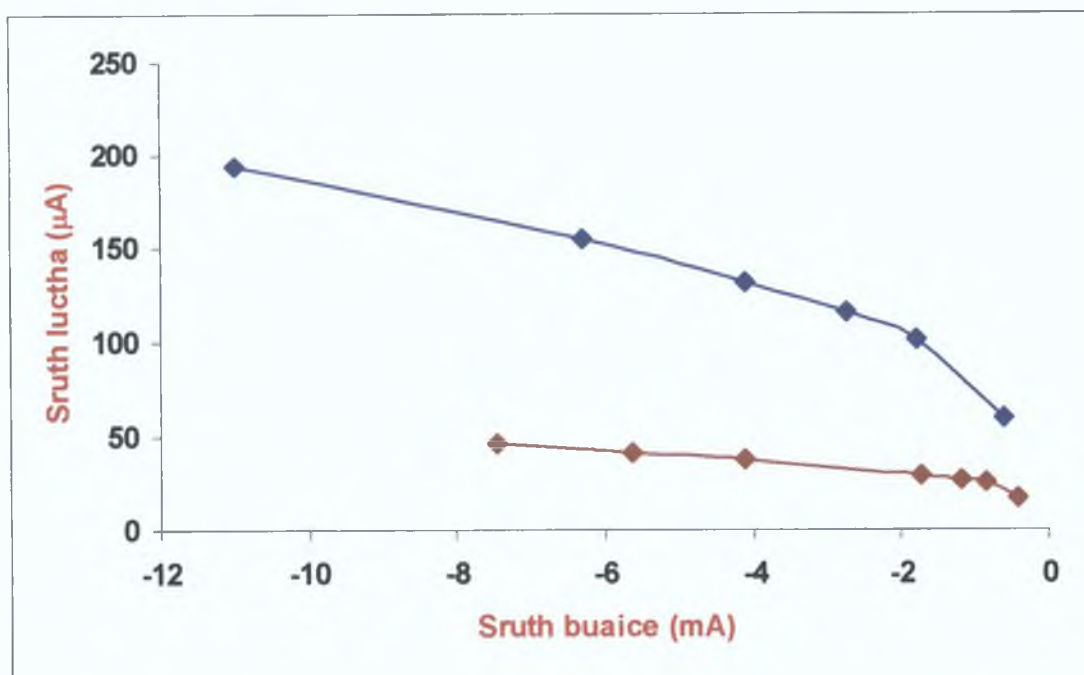
Deirtear go mbrathann íogaireacht agus teorainn na mbratha do bhithbhraiteoir bunaithe ar pholaiméir don chuid is mó ar shruth cúlrach an pholaiméire [157]. Dá mbeadh sruth cúlrach de bhraiteoir ró-mhór bheadh sé deacair an cion ó dhí-ocsaídiú H_2O_2 ag SRF a thomhas [158]. Tá an tionchar a bhí ag tiúis polaiméire méadaithe ar na sruthanna luchta cúlracha de leictreoidí léirithe i bhFigiúr 4.9. Bhí gaol líneach, (an gaol is liní maidir leis na luachanna r^2 de na paraiméadair a bhí á fhiosrú) eatarthu. D'fhéadfadh sruthanna cúlracha airde teorainn a chur ar an gcion ón imoibriú catalaíoch einsíme, sa slí sin ag laghdú íogaireacht an bhraiteora. Dá bhrí sin, bheadh scannáin pholaiméireacha tanaí níos oiriúnaí nuair a bheadh léibhéil níos lú de hanailítí le brath [158].



Figiúr 4.9: Tionchar tiús an pholaiméire ar na freagairtí do shruthanna cúracha de bhraiteoirí bunaithe ar LSP (gorm), $y = -0.9002x + 1.6848$; $r^2 = 0.9917$ agus LCG (dearg) $y = -1.1924x + 0.5692$; $r^2 = 0.9899$ (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

4.2.1.2.3 Sruthanna lucht an bhraiteora

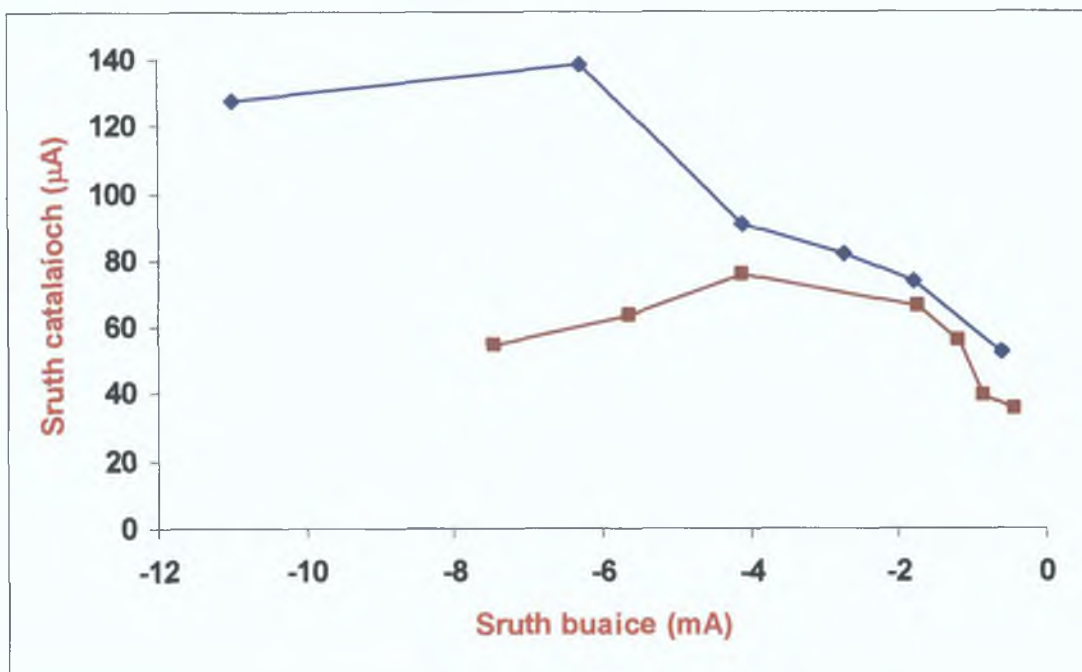
Brathann sruth lucht na buaice ó thosach i dturgnaimh aimpéarmhéadracha ar luchtach an pholaiméir mar fhreagra ar an ocsaidiúcháin ar feadh 25 nóiméid roimh turgnaimh fhoistine a bhaint amach agus is iompar tipiciúil de LSP eile a bhí mionathruithe le polaiméirí [141]. Bhí baint ag láithreacht na buaice lucht seo le hoibrithe bhraiteora mhaithe, mar níor ghin braiteoirí nach raibh an cruthú lucht seo ag baint leo, freagairtí chatalaíocha fhábhracha. Tá tionchar tiús an scannáin polaiméire ar mhéid an sruth lucht léirithe i bhFigiúr 4.10. Méadaíodh na sruthanna lucht do bhraiteoirí bunaithe ar LCG agus ar LSP le méadaithe i dtiúis an pholaiméire, cé go raibh sruthanna níos airde seasta ag baint le braiteoirí LSP ná le braiteoirí LCG. D'fhéadfadh go raibh deilbheolaíocht na scannáin PANI/PVS ar na foleictreoidí freagrach as, cé go raibh deilbheolaithe dhifriúla ag baint leis na scannáin pholaiméireacha ar LCG agus LSP. Pléfar é seo a thuilleadh i Mír 4.2.1.3.



Figúir 4.10: Tionchar tiús an pholaiméire ar na sruthanna lucht de bhraiteoirí bunaithe ar LSP (gorm) agus LCG (dearg) (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

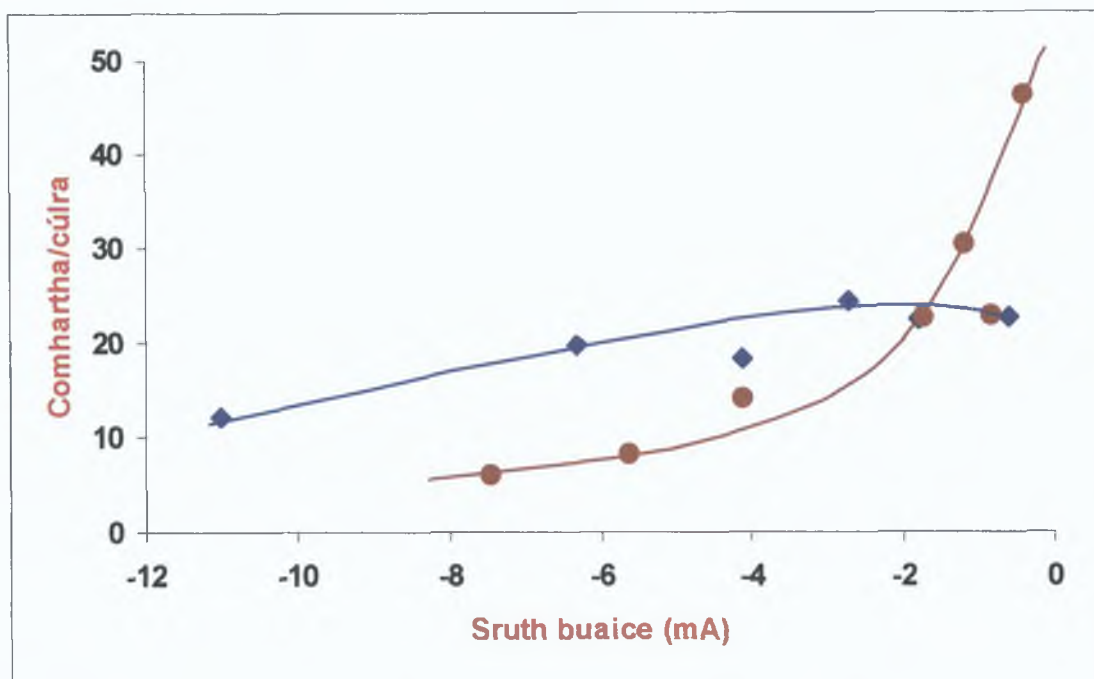
4.2.1.2.4 *Sruthanna catalaíocha an bhraiteora*

Bhí freagairtí shreatha chatalaíocha níos lú thíos le laghdaithe san am turgnamhach le laghdaithe i dtiús an pholaiméire a thaispeánadh i *bhFigúir 4.10*, mar a thaispeántar i *bhFigúir 4.11*. Cé gur mhéadaíodh gach gné eile den phróiseas aimpéarmhéadach le méadaithe i dtiús an pholaiméire, ar dtús méadaigh na sruthanna fostine le méadaithe sa thiús polaiméire ach ansin laghdaigh siad maidir le scannáin níos tiubhe. I gcás an LSP, cuireadh tús leis an laghdú seo nuair a imíodh sruth na buaice LM^{*+} thar ca. -6.3 mA. Cuireadh tús leis an laghdú seo níos luaithe don LCG agus braitheadh laghdaithe shreatha do scannáin a fhásadh le tiúis inar imíodh sruth na buaice thar -4.1 mA. D'fhéadfadh go raibh léibhéil níos airde de scoilte dromchlacha sna scannáin PANI seo, a pléfar a thuilleadh i Mír 4.2.1.2.6, thíos leis na laghdaithe seo i bhfreagairtí an bhraiteora.



Figióir 4.11: Tionchar tiús an pholaiméara ar na sruthanna catalaíocha de bhraiteoirí bunaithe ar LSP (gorm) agus LCG (dearg) (-100 mV vs. Ag/AgCl).

Tá na sonraí ó *bhFhigiúirí* 4.9 agus 4.11 comhcheangailte le chéile i *bhFigiúr* 4.12, a léiríonn na cóimheasa comhartha/cúlra (c/c) do bhraiteoirí bunaithe ar LCG agus LSP. Baineadh dhá chruthanna difriúla amach. Maidir le braiteoirí bunaithe ar LCG, laghdaigh na cóimheasa c/c trí shlí easpóntúile le méadaithe i dtiús an pholaiméire. Thaispeán sé seo go mbeadh cisil níos tanaí de scannáin pholaiméireacha optamaim chun na haschuir is uasta a bhaint amach leis na braiteoirí seo. Ach ní raibh an meath easpóntúil seo le feiscint maidir le braiteoirí bunaithe ar LSP. Ba é an aschur is uasta a d'fhéadfadh a bhaint amach ná do bhraiteoirí bunaithe ar thiús scannáin pholaiméireacha de réir -2.8 mA i sruth na buaice. Bhain na braiteoirí seo cóimheasa c/c de 24 amach. Nuair a chuirtear é seo san áireamh, mar aon leis na paraiméadair eile, roghnaíodh ar an gclúdú dromchlach a choiméad ag thart ar 10 gciogal rédoicse (sruth na buaice de -2.8 mA don fhréamhchaitian LM^{*+}) do hullmhúcháin braiteora ina dhiaidh sin. Baineadh na haschuir aimpéarmhéadracha is optamaim amach do na scannáin pholaiméireacha seo, gan an méid sin cur isteach ó shruthanna cúlra agus le hamanna freagartha níos lú ná mar a ghineadh leis na scannáin eile.



Figiúr 4.12: Tionchar tiús an pholaiméire ar na cóimheasa comhartha/cúlra de bhraiteoirí bunaithe ar LSP (gorm) agus LCG (dearg) (-100 mV vs. Ag/AgCl).

4.2.1.2.5 Friotaíochtaí bhraiteoracha

Bhrath friotaíocht agus dá bhrí sin seoltacht an bhraiteora a tháirgeadh ar thiúis na scannáin pholaiméireacha a dheascadh chomh maith. Trí úsáid a bhaint as an teicníocht dá-tóireadóireach, tomhaiseadh friotaíocht cosáin an LSP carbóin nochta ag $2.0 \, \Omega$ agus do leictreoid réamhchóireáilte ag $3.2 \, \Omega$. Ach, le scannáin PANI/PVS a dheascadh ar na leictreoidí seo, mhéadaigh na friotaíochtaí bhraiteoracha ón raon Ω go dtí an raon $k\Omega$, mar a thaispeántar i dTábla 4.1. Méadaigh friotaíocht na leictreoidí trí shlí easpóntúil maidir le méadaithe i dtiús an pholaiméire, ó $0.008 \, k\Omega$ do leictreoid ullmhaithe le 2 ciogail voltmhéadracha ($-0.66 \, \text{mA}$), go $42 \, k\Omega$ do leictreoid ullmhaithe le 15 ciogail voltmhéadracha ($-11.00 \, \text{mA}$). Tugadh tuairiscí ar na laghdaithe seo sa sheoltacht le méadaithe i dtiús an scannáin maidir le scannáin PPy, inar chuireadh an feiniméan síos le síneadh na trasnaisc sheoltacha idir na sreanga polaiméire [159].

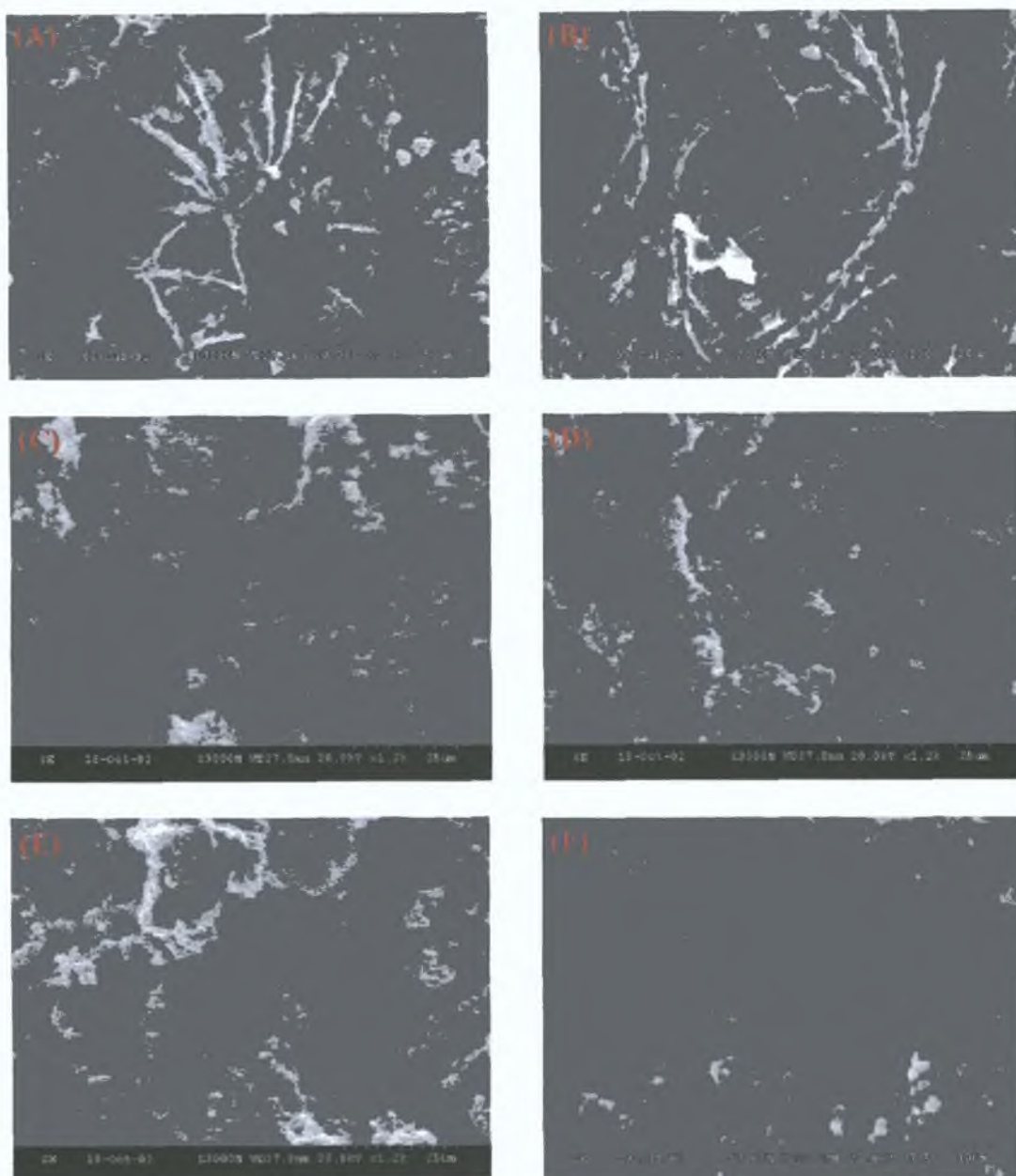
Tábla 4.1: An gaol idir tiús an scannáin agus a fhriotaíocht.

Sruth LM ⁺⁺ (mA)	Friotaíocht (kΩ)
-0.66	0.008
-2.63	0.152
-5.16	1.200
-8.53	16.200
-11.00	42.000

Maidir leis na leictreoidí PANI/PVS, tugadh méadaithe níos mó faoi deara maidir le tiúis scannáin níos mó, a d’fhéadfadh a bheith freagrach as na laghdaithe sna bhfreagairtí aimpéarmhéadracha do bhraiteoirí a tháirgeadh leis na leictreoidí seo, maidir le Mír 4.2.1.2.4. D’fhéadfadh go raibh na hachair ó láthair ghníomhaíocha na heinsíme ró-mhór le haghaidh traschuir sreatha éifeachtach a bhaint amach do scannáin mar seo, nó d’fhéadfadh gur bhaineadh na hidirgníomhaithe einsíme-foshraithe amach sular imoibrigh an sruth le dromchla na leictreoid.

4.2.1.2.6 Deilbheolaíochtaí scannáin pholaiméirithe

Ó dhearcadh foirgníochta de, tá an tionchar a bhí ag níos mó ciogail dheascacha leictreoidé – agus dá bhrí sin ar thiús na scannáin PANI/PVS atá ag méadú – léirithe i *bhFigiúr 4.13*. Le scannáin a fhásadh le 3 nó 4 ciogail voltmhéadracha, atá léirithe i *bhFigiúr 4.13(A)* agus *(B)*, brathadh ‘méara’ de pholaiméir. Le 6 nó níos mó de chiogail voltmhéadracha, mar atá léirithe i *bhFigiúr 4.13(C) – (F)*, ní raibh na gnéithe seo soiléir ach an oiread agus bhí an leictreoid clúdaithe le bachlóga nó núicléis de pholaiméir, a thugadh faoi deara cheana féin i *bhFigiúr 4.3*. Maidir le níos mó ná 4 ach níos lú ná 10 ciogail voltmhéadracha, níor thugadh aon dhifríochtaí fhollasacha i ndeilbheolaíocht na scannáin polaiméire faoi deara.



Figiúr 4.13: Íomhánna LMS do leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS a bhaineadh amach trí úsáid a bhaint as 3 (A) 4, (B) 6, (C), 8 (D), 10 (E) agus 12 (F) ciogail voltmhéadracha (800, 1,000, 1,200 & 3,500 x formhéadaithe, modh brathóra LT).

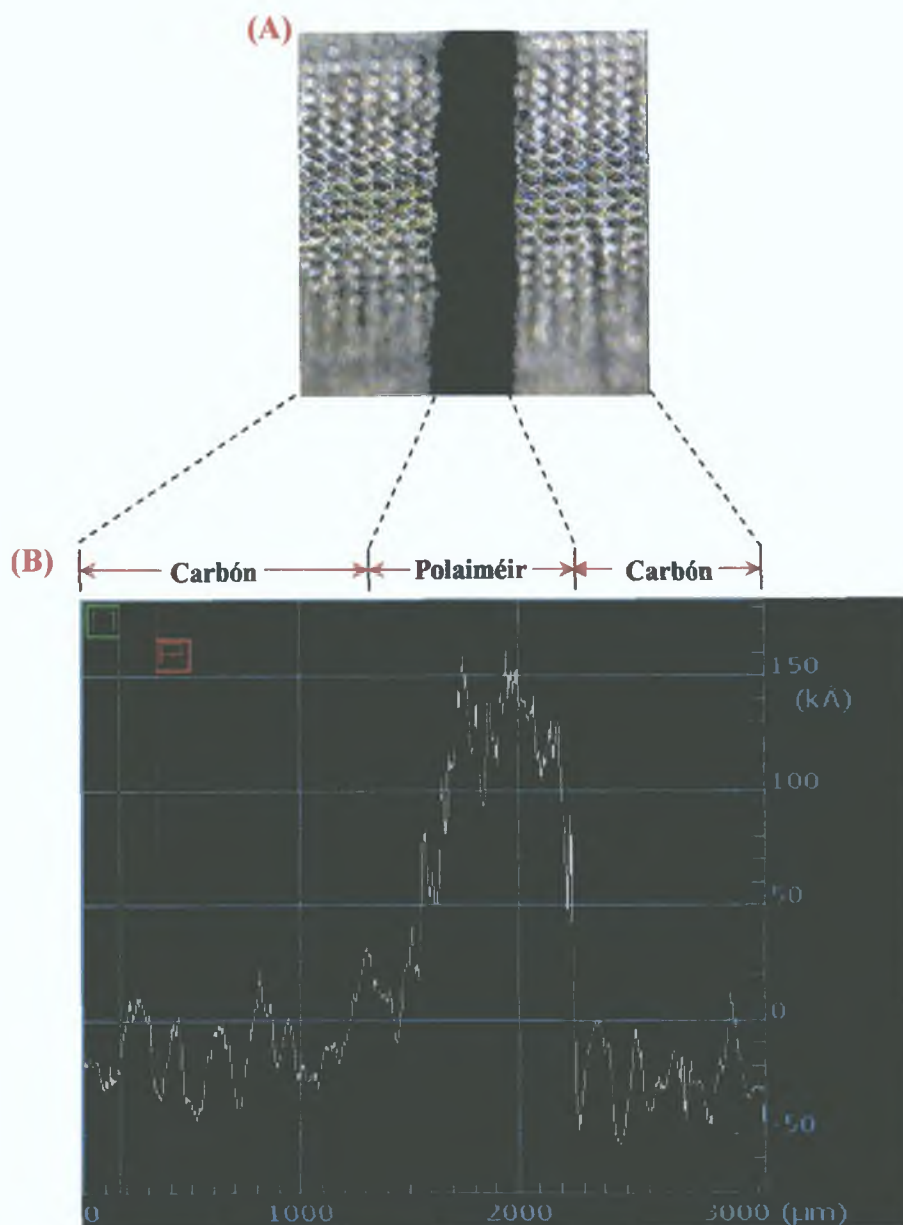
Maidir le scannáin a fhásadh trí úsáid a bhaint as 15 ciogail voltmhéadracha ar a laghad, tugadh cnagtha, a bhí soiléir ó íomhánna MSL cosúil leis an íomhá atá léirithe i *bhFigiúr 4.14*, faoi deara. D'fhéadfadh cur chuirfeadh an cnagtha seo isteach ar na freagairtí bhraiteora, cé gur d'fhéadfadh siad a bheith freagrach as scoilte sa

líonra seoltach a laghdaíodh sreatha leictreoin. D'fhéadfadh go raibh na laghdaithe sna haschuir shreatha chatalaíocha a thugadh faoi deara do na leictreoidí seo, a pléadh cheana féin i Mír 4.2.1.2.4, de bharr na cnagtha dromchlacha seo. Ach níor chuir tiús an scannáin PANI/PVS isteach ar a ghreamú leis an bhfoshraith leictreoidé, a mhalairt ar na scannáin polai(*N*-meitilporóil) a d'fhorbair Bartlett *et al.*, inar scamadh scannáin níos tiubhe den fhoshraith leictreoidé óir [160].



Figiúr 4.14: Íomhá LMS de leictreoid clúdaithe le PANI/PVS a bhaineadh amach trí úsáid a bhaint as 15 ciogail voltmhéadracha (1,500 x formhéadú, modh brathóra LT).

Baintear úsáid as anailís imlínte stíleasach go coitianta chun tomhais a dhéanamh ar mhíchothroimeacht dromchlach agus patrún airdchéime. San obair seo, baintear úsáid as an teicníocht seo chun an fhiorthiús de scannáin polaiméire, a fhásadh go dtí gur bhain an fréamhchaitian an luach optamaithe de -2.8 mA amach, a thomhas. Ghin an taraingt imlíneach 2-D de dhromchla na leictreoidé faoi scrúdú (*Figiúr 4.15(A)*) an rian imlínteach atá léirithe i *bhFigiúr 4.15(B)*. Ba é meánthiús an chisil polaiméire seo ná $13.7\text{ }\mu\text{m}$, le luach R_a thart ar $3.1\text{ }\mu\text{m}$.



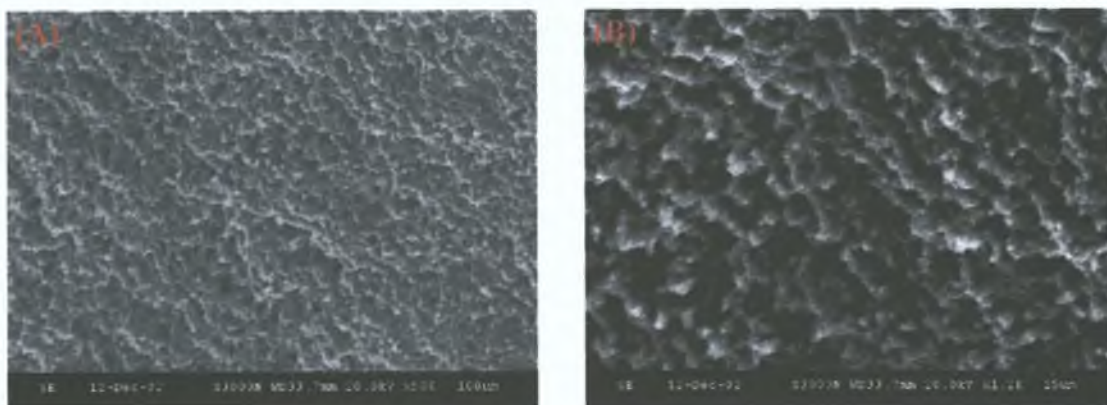
Figiúr 4.15: Anailís imlínte stíleasach ar stríoca PANI/PVS ar LSP. Ghin an tarraingt imlíneach 2-D de charbóin-polaiméir-carbóin ar dhromchla LSP (A) an rian imlínteach atá léirithe i (B).

4.2.1.3 Tionchar na foshraithe leictreoide ar na scannáin pholaiméirithe

Tá difríochtaí maidir le roinnt gnéithí éagsúla de na freagairtí bhraiteoracha idir braiteoirí bunaithe ar LCG agus LSP, léirithe cheana féin i Míreanna 4.2.1.2.1 – 4.2.1.2.4. Nuair a fhasadh scannáin PANI/PVS trí shlí leictriceimiceach ar dhromchla LCG, ní mó 10 ciogail rédoicse ar a laghad a úsáid chun an sruth anóideach de -2.8

mA a bhaint amach don bhuaic ocsaídithe LM^{*+} . Ní raibh an cuid is mó de chiogail ag teastáil le LSP réamhchóireáilte, cé gur bhronn síos le 4 ciogal voltmhéadracha na luachanna sreatha buaice chéanna orthu uaireanta. Bhí athruithe beaga sa luach a ídeadh le linn gach ciogal polaiméiriúcháin dosheacainte, de bharr, mar aon le tréithí eile, athruithe beaga i ndromchla-achair na LSP íoctaracha. Chun beagní a dhéanamh de na hathruithe seo sa mhéid de PANI a dheascadh, cuireadh stop leis an bpróiseas polaiméiriúcháin ag luach -2.8 mA don bhuaic ocsaídithe LM^{*+} , ar neamhhead foshraith na leictreoid. Trí úsáid a bhaint as ráta scanta de 100 mV/s, thóg sé thart ar 7 nóiméid ar mheán, chun LCG a chlúdú leis an tiús scannáin a bhain leis an sruth optamaithe seo. Bhí sé seo i gcomhréir le níos lú ná 4 nóiméid i gcás an LSP.

In éineacht leis an tionchar a bhí ag an méid de scanacha a bhí ag teastáil chun an tiús scannáin a bhí ag teastáil a bhaint amach, d'fhéadfadh gur bhaineadh airí dhifriúla le scannáin PANI/PVS a fhásadh ar an dá foshraith. Thug Witkowski *et al.* tuairisc ar dhifríochtaí in airí a scannáin PPy a d'fhás siad trí mhodh leictreiceimiceach ar dhromchlaí LCG agus graifít phiriúlach gharbh, ina raibh deilbheolaíocht níos scagaí ag baint le scannáin a d'fhás ar dhromchlaí ghraifít phiriúlach i gcomhréir leis an nádúr níos dlúthaí de na scannáin a d'fhás ar an LCG [161]. Glacadh íomhánna MSL de scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LCG, chun a fháil amach an raibh an deilbheolaíocht dhinnseanchaise ag brath ar nádúr na foleictreoid oibre, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 4.16*. Bhí an cosúlacht bachlógach agus cóilise a chonacthas cheana féin do scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LSP (*Figiúr 4.3*), soiléir ar dhromchlaí LSP. Bhí sé deacair íomhánna de na scannáin ag formhéadaithe níos airde a bhaint amach, de bharr na héifeachtaí luchtá ón gcorp Teflon™ den leictreoid agus an slí ina ghreamaíodh an leictreoid leis an stocán sa fholúsheomra (Blue Tack).



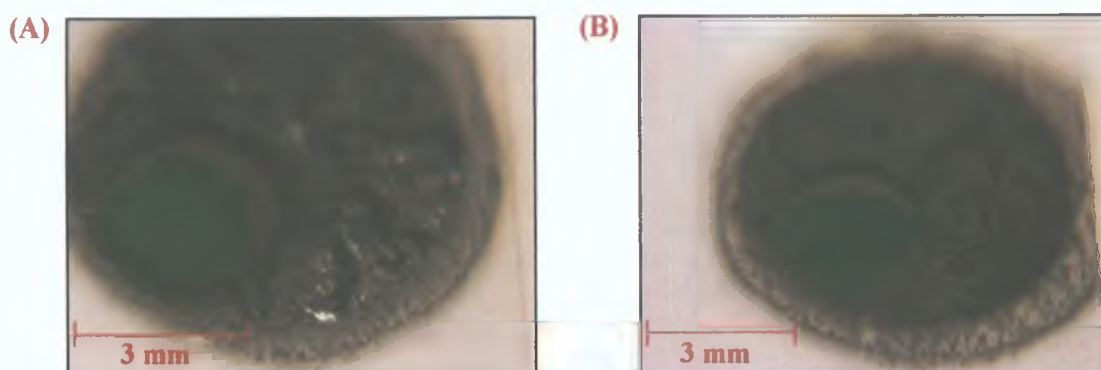
Figiúr 4.16: Íomhánna MSL de scannáin PANI/PVS ar dhromchla LCG (500 (A) & 1,200 (B) x formhéadaithe, modh brathóra LT).

I gcomparáid le scannáin PANI a fhásadh ar LSP inar aistríodh patrún an mhogaill go dtí an pholaiméir, bhí deilbheolaíocht níos míne le tiús níos cothroime thar achar an dhromchlach ag baint le scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LCG. Dá bhrí sin, bheadh an dromchla-achar de scannán PANI a dheascadh ar LCG níos lú ná mar a bheadh ag baint le scannán a dheascadh ar LSP. Ag formhéadaithe níos airde (*Figiúr 4.16(B)*), bhí difríochtaí struchtúrcha idir scannáin PANI/PVS a fhásadh ar dhromchlaí LSP agus LCG maidir le pacáil an pholaiméire. Bhí nóid de PANI le feiscint sa dá chás, chomh maith leis an gcosúlacht cóilíse. Ach bhí deilbheolaíocht níos dlúthaí ag baint le scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LCG. Mar atá léirithe cheana féin, baineadh an polaiméiriúcháin amach níos tapúla don LSP, le núicléatú agus fás ag leanúint ar aghaidh níos sciobthaí. D'fhéadfadh go mbeadh na scannáin pholaiméireacha níos scagaí sna cáis seo, mar a thugadh cuntais orthu cheana féin maidir le scannáin PPy a fhásadh ag rátaí níos tapúla [161]. De dheasca sin, bheadh scannáin PANI/PVS a fhásadh ar dhromchlaí LCG níos dlúthaí cé go mbeadh níos mó amanna acu chun pacáil a bhaint amach agus fágadh siad piocáin níos caoile iontu. D'fhéadfadh go raibh na difríochtaí seo sa dheilbheolaíocht freagrach as na difríochtaí i sruthanna lucht aimpéarmhéadracha idir braiteoirí SRF/PANI/PVS bunaithe ar LCG agus LSP, mar a thaispeánadh cheana féin i *bhFigiúr 4.10*.

Ó thaobh greamú do fhoshraitheanna leictreoidé réamhchóireáilte de, bhí greamaithe níos fearr ag baint le leictreoidí a fhásadh ar dhromchlaí LSP in ionad dromchlaí LCG. Tríd na scannáin PANI/PVS a fhásadh ar an dá dhromchla a chur i dtuaslagán 2 M H₂SO₄, baineadh na scannáin den dhá fhoshraith (bhain an tuaslagán an fhocharbón den fhoshraith freisin, a léiríodh cheana féin i Mír 3.2.4). Bhain 'Scotch Tape[®]' greamaitheach an scannáin polaiméire iomlán den dhromchla LCG, ach níor bhain sé ach páirt den scannán den LSP. Baineadh torthaí mar seo amach freisin le meilt mheicniúil ar pháipéar agus feilt, cé go raibh sé níos deacra na scannáin a bhaint de dhromchlaí LSP. D'fhéadfadh go raibh an deilbheolaíocht níos míchothroime seo, nó tabhairt isteach feidhmghrúpaí fábhreacha de bharr réamhchóireáil, freagrach as an greamaitheacht níos fearr seo. Tá fachtóirí mar seo tábhachtach nuair atá cobhsaíocht fadtréimhseach de leictreoidí clúdaithe leis na polaiméirí seo i gceist.

4.2.1.4 Tionchar an tuaslagán réamhchóireála ar pholaiméiriúcháin

Mar a chuireadh in iúl cheana féin i Mír 3.2.4.3, bhí an-tionchar ag réamhchóireáil LSP a leasadh ag teocht an tseomra ar a n-oibrithe analiticiúla. Rinneadh fiosrú ar thionchar an tuaslagán réamhchóireála ar dheascadh leictriceimiceach an pholaiméire freisin, trí úsáid a bhaint as na tuaslagáin chéanna. De bharr na héifeachtaí sniogtha sna tuaslagáin láidre aigéadacha 2 M H_2SO_4 agus bunata NaHCO_3 a bhí curtha in iúl cheanna féin, cuireadh clúdachta neamhiomlán ar dhromchla na leictreoidí, mar a thaispeántar i bhFigiúir 4.17(A) agus (B), faoi seach. Bhain na tuaslagáin na cisil insliúchána de dhromchla na leictreoidí chomh maith, a chruth réigiúin eisiata ina raibh an iomarcha hidreafóbacht ag baint leo le haghaidh deascadh polaiméir ina dhiaidh agus mar sin de, níor bhaineadh úsáid astu as sin amach.



Figiúr 4.17: Íomhánna fótafrafacha digiteacha ar LSP a bhí réamhchóireáilte i 2 M H_2SO_4 (A) agus 2 M NaHCO_3 (B) agus ansin clúdaithe le PANI/PVS trí mhodh leictriceimiceach.

Baineadh clúdach iomlán amach ar na leictreoidí leis na tuaslagáin eile, ach do léibéil dheascacha dhifriúla maidir leis an sruth anóideach a bhaineadh amach don fhréamhchaitian LM^{*+} , mar atá léirithe i dTábla 4.2, inar mbaineadh 10 ciogail voltmhéadracha amach. Deascadh cisil níos tiubhe de pholaiméir trí réamhchóireáil a dhéanamh i ngach ceann de na tuaslagáin éagsúla agus mhéadaigh na tiúis de réir an ord seo leanas; 1 M $\text{NaHCO}_3 > 0.2 \text{ M } \text{H}_2\text{SO}_4 > 3 \text{ M } \text{KCl} > 1 \text{ M } \text{CH}_3\text{COOH}$. Níl na cúiseanna a bhaineann leis an phatrún seo soiléir, ach d'fhéadfadh go raibh mionathruithe bheaga i gceimic dromchlacha, de bharr réamhchóireáil sna tuaslagáin

éagsúla, freagrach astu. Ba é an tuaslagán 0.2 M H_2SO_4 an rogha de thuaslagán réamhchóireála d'obair eile.

Tábla 4.2: Tionchar an tuaslagán réamhchóireála ar chlúdacht an pholaiméire.

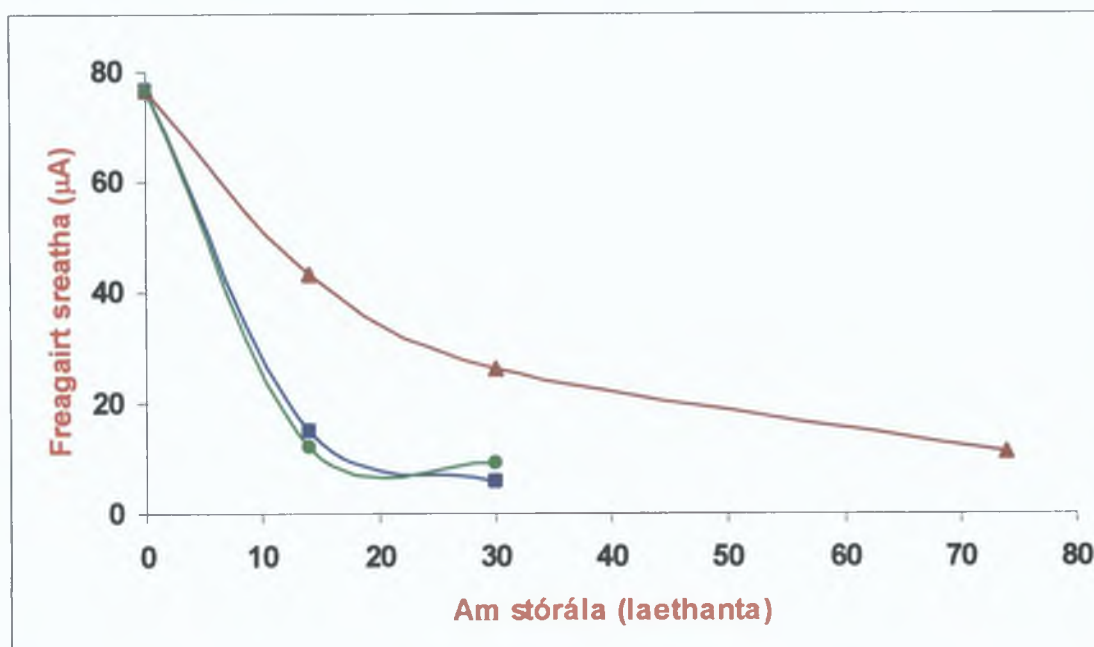
Tuaslagán	Sruth buaice LM^+ (mA)
1 M NaHCO_3	-3.50
0.2 M H_2SO_4	-3.70
3 M KCl	-4.20
1 M CH_3COOH	-5.10

4.2.1.5 Cobhsaíocht scannáin PANI/PVS

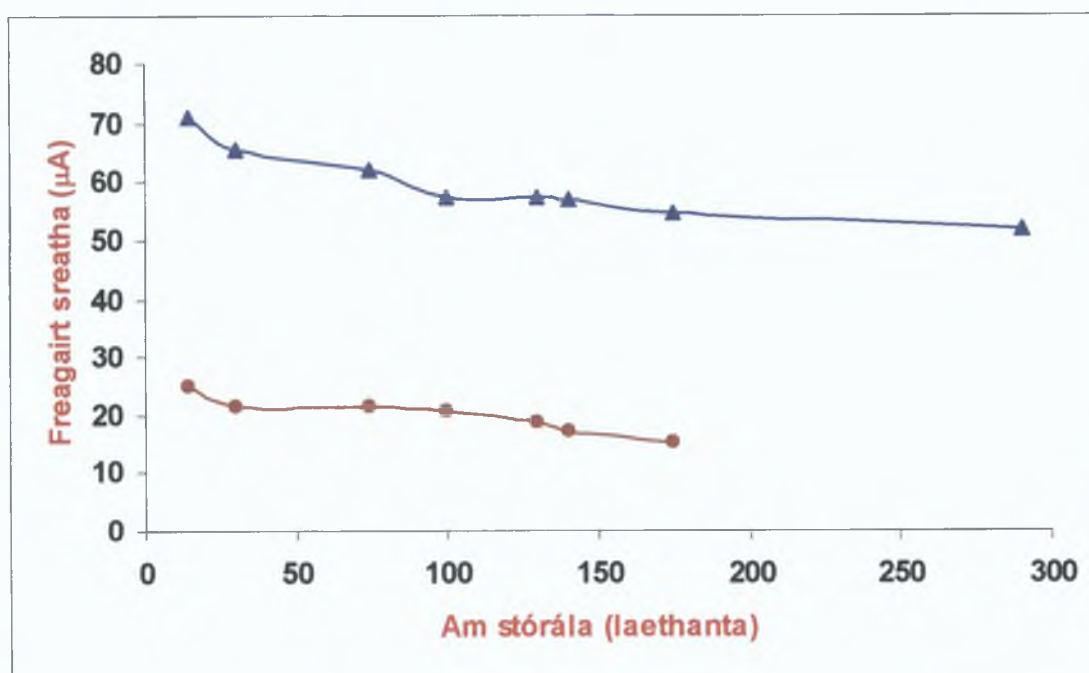
Is í cobhsaíocht inti ná an t-athrú sa ghníomhaíocht (G) a bhaineann le córas faoi leith thar raon d'amanna (a), sé sin, dG/da . Is factór príomha do chobhsaíocht bhraiteora iomlán í cobhsaíocht an chisil tacatha PANI/PVS, cé go bhfuil tionchar ag an ábhar taca a úsáidtear ar airí agus cobhsaíocht an bhithbhraiteora agus ar ché chomh maith is a choimeádann sé a sheoltacht maidir leis an aimsir. Thaispeán torthaí thriaileacha gur chaill na braiteoirí PANI/PVS a ghníomhaíocht tar éis stóráil ar feadh 3 sheachtain nuair a chuireadh iad ar stór ag 4 °C i dTMF (*Figiúr 4.18*). Bhain an drochchobhsaíocht chéanna le braiteoirí PANI/PVS a chuireadh ar stór i 1 M HCl agus in aer. Níor bhaineadh a thuilleadh úsáid as na modhanna stórála seo as sin amach. B'iad na braiteoirí is cobhsaí ná na gcinn a chuireadh ar stór ag -20 °C agus 4 °C. Tá na freagairtí uathu léirithe i *bhFigiúr 4.19*. Má sainíodh saol an bhraiteora don am a thógadh sé chun laghdú 50% teacht ar an íogaireacht a bhaineann leis an gcuid líneach den chuar, bheadh na leictreoidí PANI/PVS a chuireadh ar stór in aer fós úsáidte tar éis 9 míosa ar a laghad.

Bhí laghdaithe i ndéine na buaice le feiscint ó na voltmhéadagramanna cúlra de leictreoidí PANI/PVS a chuireadh ar stór ag -20 °C maidir le laghdaithe san am stórála, mar a thaispeánadh i *bhFigiúr 4.20*. Ach thug cruthú na buaice agus na

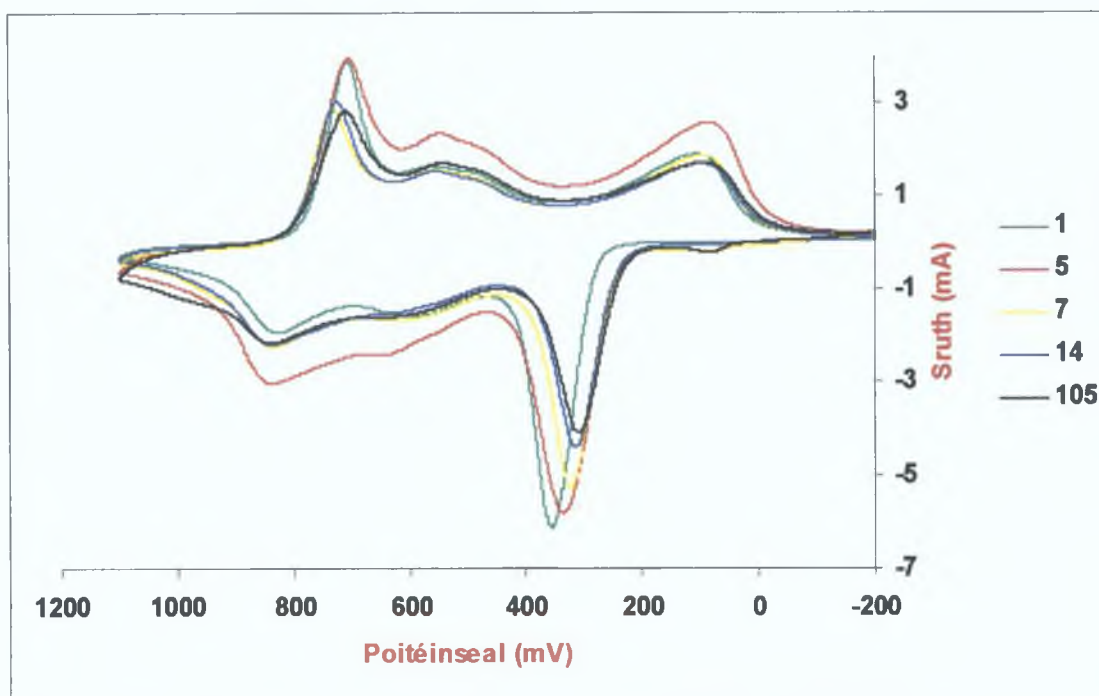
poitéinsil bhuaice le fios go raibh leictirighníomhaíocht ag baint leis an polaiméir tar éis tréimshí fhada thar 100 laethanta ar stór.



Figúir 4.18: Cobhsaíocht stórála braiteoirí PANI/PVS a chuireadh ar stór ag teocht an tseomra i 1 M HCl (dearg), tirim (gorm) agus i dTMF (glas) ina sheasann gach sonra do bhraiteoir éagsúil (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl).



Figúir 4.19: Cobhsaíocht stórála LSP clúdaithe le PANI/PVS a chuireadh ar stór ag -20 °C (gorm) agus 4 °C (dearg), maidir leis na freagairtí shreatha uasluacha, ina sheasann gach sonar do bhraiteoir éagsúil (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl).



Figiúr 4.20: Voltmhéadagramanna cioglacha de LSP eagsúla mionathruithe le PANI/PVS agus a chuireadh ar stór ag $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, ar feadh tréimhsí laethanta difriúla. Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

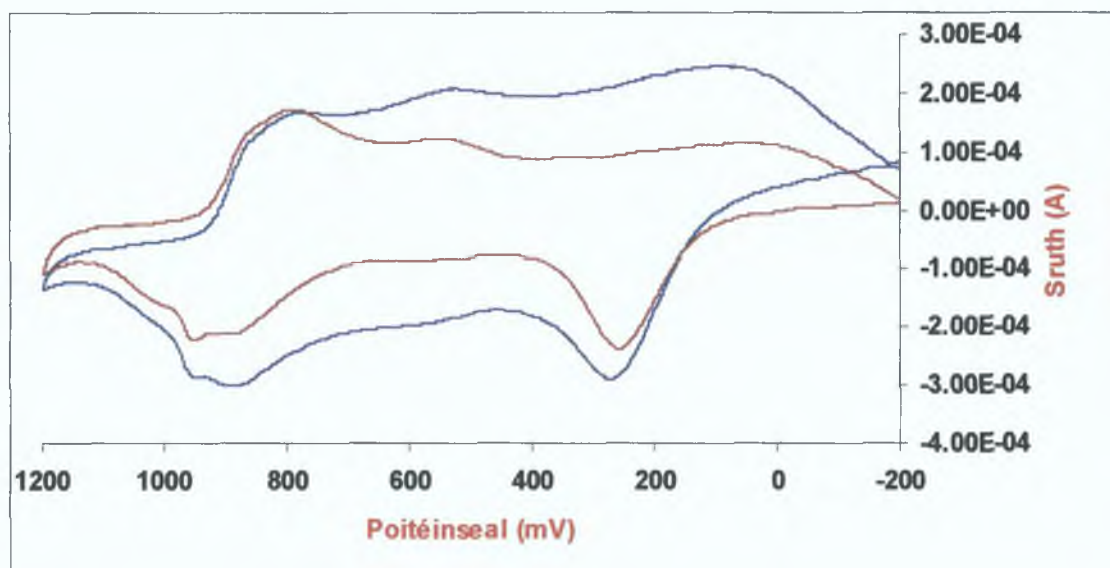
4.2.2 Polaiméiriúchán ceimiceach de hanailín

San obair seo, baineadh polaiméiriúchán ceimiceach amach ar anailín trí mheascán de hanailín agus sárshulfáit amóiniam, an dá ceann acu ullmhaithe i meáin aigéadacha, a dheascadh ar dhromchla an ábhair leictreoidé áirithe. Rinneadh fiosrú ar dhá mhodhanna deasctha, maidir le Mír 2.3.5.2. Séard a bhí i gceist sa cheád mhodh ná na leictreoidí a thumadh i mias Petri le toirteanna de hanailín agus sárshulfáit amóiniam, faoi seach, inti. Séard a bhí i gceist sa dhara modh ná toirt fhosaithe de mheascán den dá tuaslagán a dheascadh ar dhromchla na leictreoidé oibre.

I gcás an nós tumtha leis na LSP, cé gurbh é an cuspóir ná chun clúdach de PANI a chur ar an dromchla carbóin amháin, ní ar an bPET timpeall air, ar an gciseal insliúcháin nó ar na cosáin sheoltacha, ní mó an chuid eile den leictreoid a chosaint le téip insliúcháin. Tháirg an nós deasctha seo clúdacha polaiméire le tiúis athruithe, mar a thaispeáin voltmhéadagramanna cúlracha i 1 M HCl (níl na torthaí ar thaispeáint), le

luachanna earráide suas le 10% ag baint le cuid acu ($n = 5$). D'fhéadfadh go raibh an easpa smacht ar an bpolaiméiriúchán freagrach as seo. Chomh maith le sin, níorbh fhéidir an cheimic a bhaint amach ar dhromchla na leictreoidé oibre amháin cé gur chuireadh clúdaithe pholaiméireacha ar bhallaí na miasa agus ar an gcuid eile den leictreoid freisin.

Thug an nós deasctha bunaithe ar bhraonchlúdú deis chun an eachtra pholaiméiriúchán a choinneáil go réigiún áirithe ar dhromchla na leictreoidé. Ní raibh an nós seo oiriúnach chun clúdú a bhaint amach ar leictreoidí neamhchóireáilte, cé nár ghreamaigh an meascán leis na dromchlaí thaois charbóin. In áit é sin a dhéanamh, crochtar an pholaiméir dothuaslagtha sa bhraon den thuaslagán polaiméiriú. Bhí an nádúr hidreafóbach den thaos carbóin freagrach as an éifeacht seo, mar a aimsíodh ó thomhais uilinn theagmhála i Mír 3.2.2.3. Ní mó réamhchóireáil leictreiceimiceach a dhéanamh ar gach leictreoid maidir le Mír 2.3.4 sular bhaineadh an nós deasctha ceimiceach amach. Bhí voltmhéadagramanna cioglacha de LCG a chlúdaíodh leis an teicníocht braonchlúdú, inchomparaíde le voltmhéadagramanna a ullmaíodh leis an teicníocht tumtha, mar atá léirithe i *bhFigiúr 4.21*. Cruthaíodh scannáin níos tiubhe leis an nós tumtha. Ach bhí scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LSP roinnt oiread níos tiubhe ná scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LCG.



Figiúr 4.21: Voltmhéadagramanna cioglacha do PANI deasctha go ceimiceach ar LCG trí úsáid a bhaint as teicníochtaí thumtha (gorm) agus bhraonchlúdaithe (dearg). Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

Dá bhrí sin, bhí airí ghreamaithe níos fearr ag baint leis an LSP réamhchóireáilte ná mar a bhain leis an dromchla gloiní den LCG. Ar neamhchead na foshraithe, bhí tréithí rédoicse na voltmhéadagramanna a bhain le leictreoidí clúdaithe go ceimiceach le hanailín polaiméirithe, cosúil leis na tréithí a bhain le leictreoidí clúdaithe go leictriceimiceach, a thaispeánadh cheana féin i *bhFigiúr 4.1*. Cé gurbh é cuspóir na hoibre seo ná braiteoirí bunaithe ar LSP a fhorbairt, beidh béim na caibidile as seo amach ar scannáin anailíne polaiméirithe trí mhodh ceimiceach ar dhromchlaí LSP, mar aon le modhanna chun smachtú agus íoslaghdú a dhéanamh ar thiús an pholaiméire. Rinneadh fiosrúcháin ar roinnt paraiméadair chun atáirgeadas maidir le táirgeacht scannáin sheoltacha le tiúis shainithe a hoptamú. Fad is a bhí an eachtra polaiméiriúchána críochnaithe, ní raibh morán tionchar ag am na polaiméirithe ar thiús nó ar airí na scannáin chríochnaithe. Bhí tionchar ag tiúchán agus aois na hocsaídí, chomh maith leis na comhréirí gheoiméadracha, an méid clúdacha agus toirteanna na tuaslagáin pholaiméiriúchána ar na hairí scannáin. Pléfar na tionchair seo sna míreanna seo leanas.

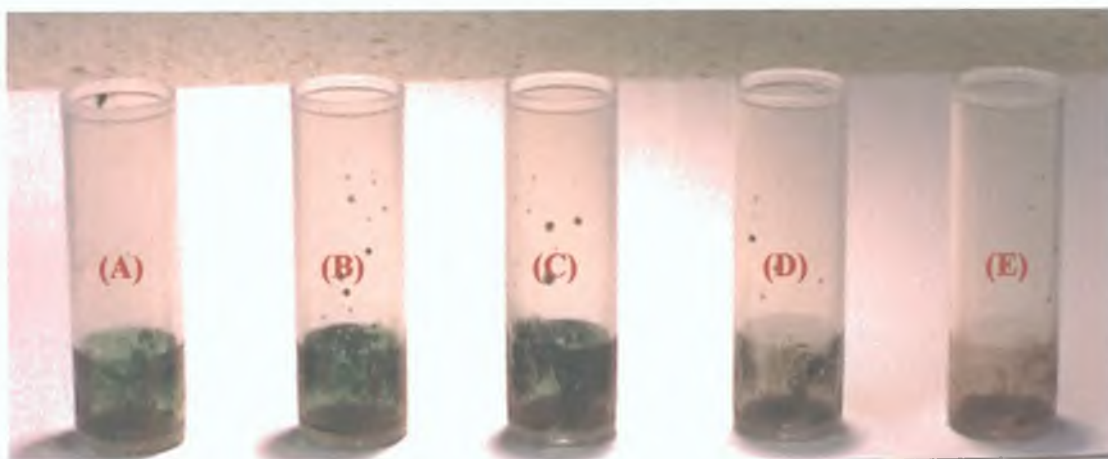
4.2.2.1 Tionchar an tiúchán ocsaídite ar pholaiméiriúchán

Tá a fhios ag an tsaol go bhfuil tionchar ag an tiúchán ocsaídite ar pholaiméiriúchán ceimiceach. Tá an tionchar a bhí ag an tiúchán ocsaídite ar an am a thóg sé chun an nós polaiméiriúcháin a chríochnú léirithe i *dTábla 4.3*.

Tábla 4.3: Tionchar an tiúchán den ocsaídí ar an ráta pholaiméiriúcháin anailíne.

Tiúchán na hocsaídí (M)	Am an pholaiméiriúcháin (nóiméad)
0.05	25
0.1	18
0.2	8.5
0.3	6.5
0.4	6.5

Nuair a mhéadaíodh tiúchán na hocsaidí ó 0.05 go 0.3 M, laghdaíodh am an pholaiméiriúcháin (an t-am a thóg an meascán polaiméiriúcháin chun a dath a hathrú ó ghlas go dubh) ó 25 go 6.5 nóiméid. Níor laghdaíodh na hamanna polaiméiriúchána a thuilleadh de réir méadaithe eile sna léibhéil ocsaidithe. Bhí tionchar ag an tiúchán ocsaidithe ar dhath na scannáin a tháirgeadh, mar atá léirithe i bhFigiúr 4.22. Ní raibh an dath ghlas de PANI ag baint a thuilleadh le scannáin a ullmhaíodh ó thuaslagáin le 0.3 M agus 0.4 M ocsaidí iontu. In ionad é sin a dhéanamh, deascadh ciseal duibh míne de pholaiméir ar thaobhanna an fheadáin maidir leis an tuaslagán 0.3 M, agus deascadh clúdadh doinn maidir leis an tuaslagán 0.4 M. Cé go raibh an ráta polaiméiriúcháin is airde ag baint le tuaslagáin le tiúcháin méadaithe d'ocsaidithe iontu, is cosúil nárbh fhéidir polaiméiriúchán iomlán a bhaint amach leo, b'fhéidir de bharr forocsaidiú PANI.



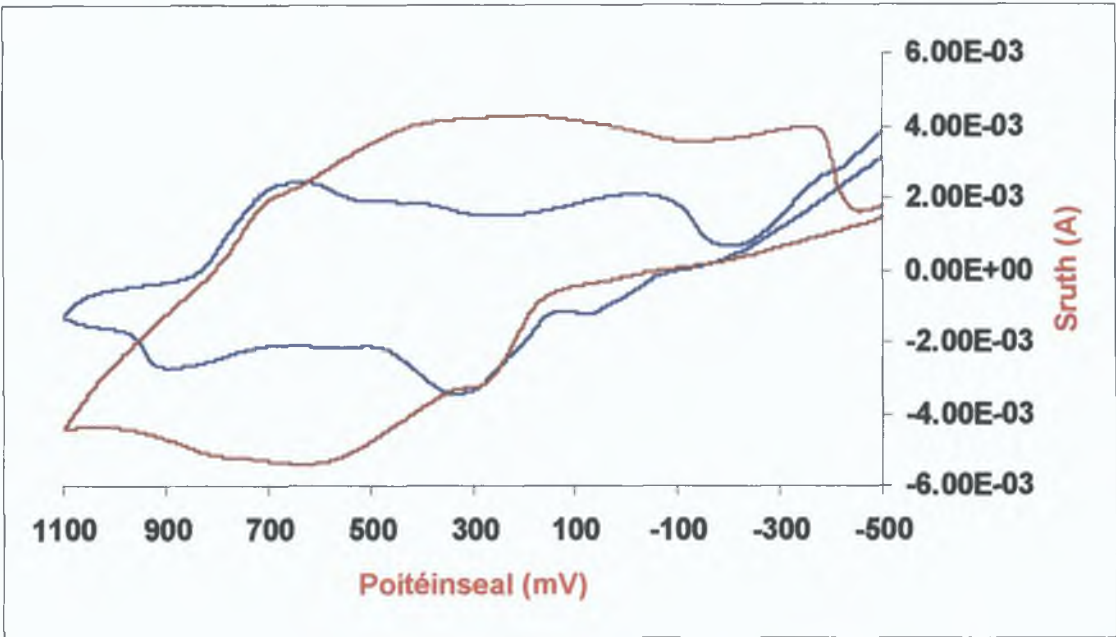
Figiúr 4.22: Grianghrafanna de PANI deasctha ar fheadáin pholapróipiléineacha trí úsáid a bhaint as tiúcháin mhéadaithe den ocsaidí sna tuaslagáin pholaiméiriúchána; (A) 0.05 M, (B) 0.1 M, (C) 0.2 M, (C) 0.3 M agus (D) 0.4 M $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$.

Tá na friotaíochtaí a bhain le scannáin PANI a fhásadh ar LSP le tiúcháin ocsaidithe dhifriúla léirithe i dTábla 4.4. Tugann na torthaí seo le fios go raibh laghdaithe i tseoltacht na scannáin thíos le laghdaithe sna hamanna polaiméiriúchána de bharr méadaithe sa thiúchán ocsaidithe. Méadaigh friotaíocht na mbraiteoirí ó 0.083 k Ω go 0.268 k Ω do scannáin a ullmhaíodh trí úsáid a bhaint as 0.05 M agus 0.4 M, faoi seach, de $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Ag tiúcháin ocsaidithe de 0.3 M ar a laghad, ní raibh

sainiú ag baint leis na buaice rédoicse de PANI a thuilleadh, (Figiúr 4.23), rud a thaispeán nár bhaineadh polaiméiriúchán éifeachtach amach leo siúd.

Tábla 4.4: Tionchar an tiúchán ocsaídithe ar fhriotaíocht an scannáin.

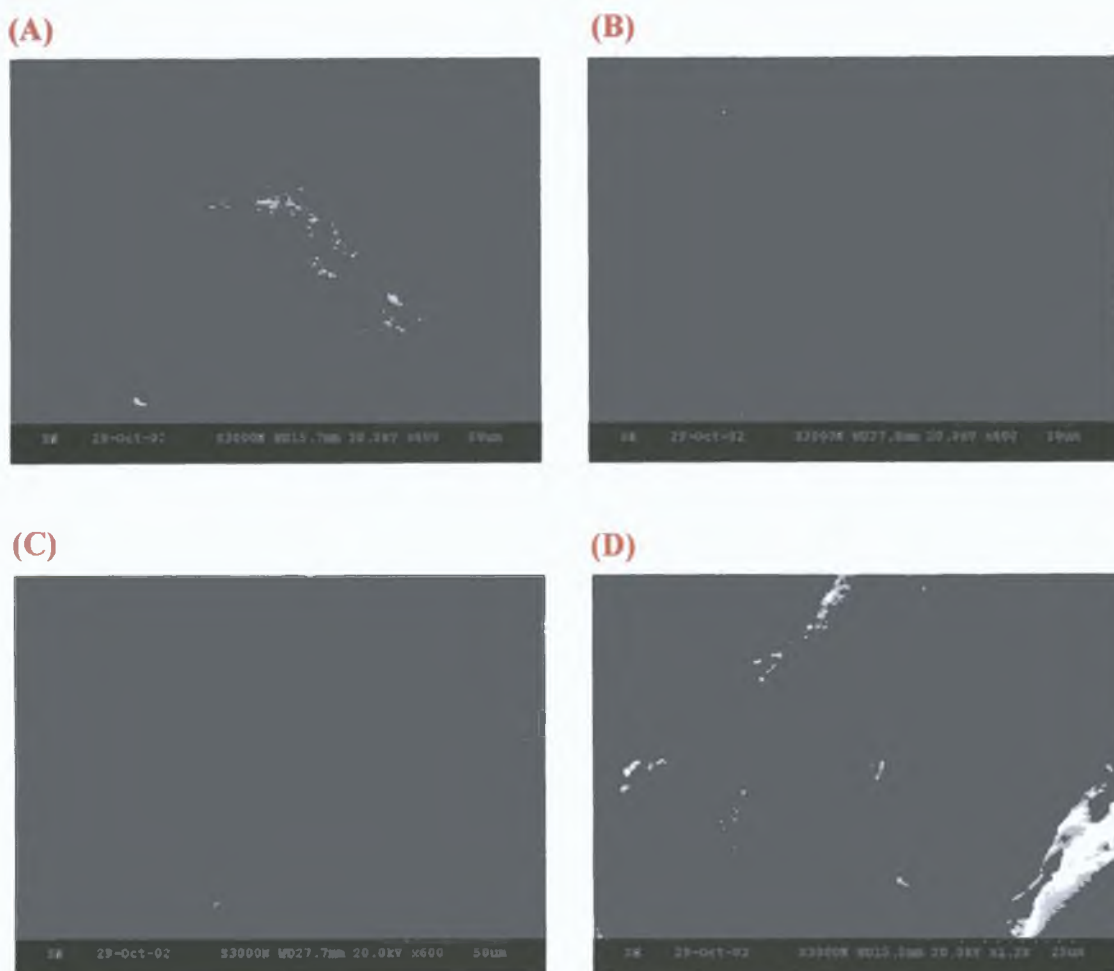
Tiúchán ocsaídithe (M)	Friotaíocht (kΩ)
0.05	0.083
0.1	0.112
0.2	0.165
0.3	0.177
0.4	0.268



Figiúr 4.23: Tionchar an tiúchán ocsaídithe ar na buaice rédoicse de PANI do 0.05 M (gorm) agus 0.4 M (dearg) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$. Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

Léiríodh anailís LSM ar na scannáin PANI a ullmhaíodh le tiúcháin méadaithe d’ocsáidithe, athruithe i ndinnseachas dromchlach, mar a thaispeántar i bhFigiúr 4.24.

Ní raibh an dealramh bachlóga nó cóilíse a bhain le hanailín a ullmhaíodh trí pholaiméiriúcháin leictreimiceach a dhéanamh, a thaispeánadh cheana féin i *bhFigiúr 4.3*, ag baint leis na dromchlaí seo. Ní raibh an tionchar chéanna ag an bhfoshraith ar na scannáin ná mar a bhí aige ar na scannáin a ullmhaíodh trí shlí leictreimiceach ach an oiread (Mír 4.2.1.3). De rogha ar sin, feictear gur chruth an pholaiméir bileog éagothroidh thar na cáithníní thaois charbóine den leictreoid, a tháirg dromchlaí míne de scannáin leanúnacha PANI.

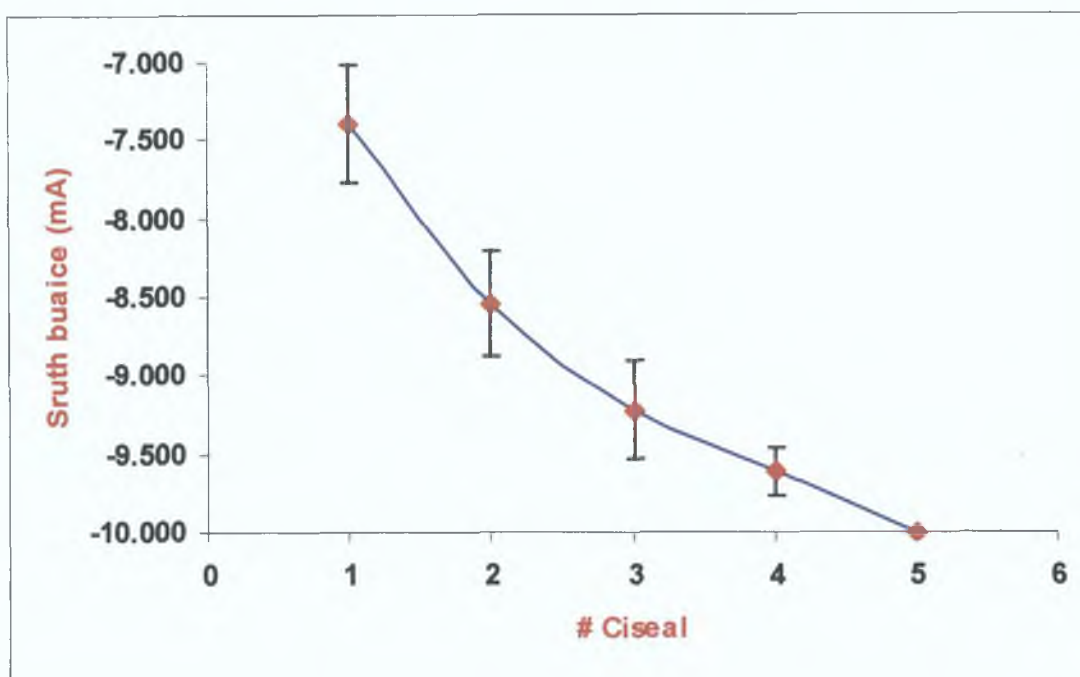


Figiúr 4.24: Íomhánna LMS de LSP clúdaithe le hanailín polaiméirithe go ceimiceach trí úsáid a bhaint as (A) 0.05 M, (B) 0.2 M agus (C) 0.4 M (NH₄)₂S₂O₈. Thaispeán íomhánna le formhéadaithe níos airde (D) den shampla in (C) nóda de PANI a bhí suite i scoilteanna sa dhromchla scannáin polaimiére míne (600 & 1,200 x formhéadaithe, modh brathóra LT).

De réir a mhéadaíodh an tiúchán ocsaídite, mhéadaigh na léibhéil scoilteacha sna scannáin pholaiméireacha freisin. D'fhéadfadh é seo a chur síos do mhéadaithe sa ráta polaiméiriúcháin, a chur na scannáin pholaiméireacha faoi bhrú, ionas go bhí orthu scoilt le linn an nós polaiméire. Bhí na laghdaithe i tseoltacht na scannáin polaiméire a léiríodh i *dTábla 4.4* soiléir ón dealramh lucht le linn na tomhais íomhána, maidir le méadaithe sa thiúchán ocsaídite. D'fhéadfadh go mbeadh briseacha sa líonra seoltach mar thoradh ar mhéadaithe sa léibhéal scoilteadh agus d'fhéadfadh sé seo na sreibhe sreatha níos lú a mhíniú sna hoibrithe bhraiteora. D'fhéadfadh gur chur difríochtaí idir tiús na scannáin leis chomh maith. Cé go raibh cuma níos míne ag baint leis na scannáin seo i gcomparáid le PANI a ullmhaíodh go leictreiceimiceach, bhí an nádúr bachlóige le feiceáil istigh i scoilteanna sna scannáin, cé go raibh léibhéal níos micreacáithní ag baint leo, mar a thaispéantar i *bhFigiúr 4.24(D)*. Léiríonn na torthaí seo cé chomh tábhachtach is atá sé monaiméir breise a choinneáil sa mheascán le linn na nósanna polaiméiriúchána, cé gurbh féidir le forocsaídiú cur isteach ar airí bhraiteora an bhraiteoir.

4.2.2.2 Tionchar doimhne an thobair deasctha ar pholaiméiriúcháin

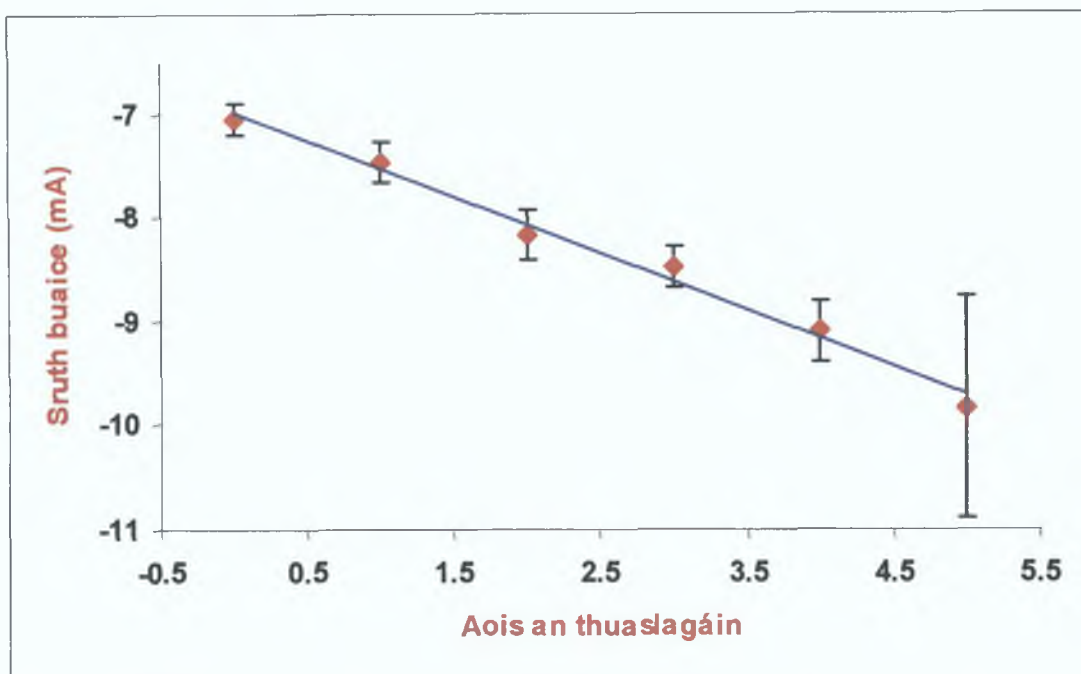
Trí mhéideanna méadaithe de chisil de théip insliúcháin a úsáid chun achair dhromchlaí na leictreoidí a dhéanamh amach, d'fhéadfaí doimhne an thobair deasctha a mhéadú. Tá an tionchar a bhí acu ar na sruthanna buaice don bhuaic ocsaídiú LM^{*+} (*Figiúr 4.1(A)*) agus dá bhrí sin ar thiús na scannáin PANI, léirithe i *bhFigiúr 4.25*. Cé nárbh fhéidir leis an gcóras leictreiceimiceach a bhaineadh úsáid as, léibhéil shreatha anóideacha faoi -10 mA a thomhas, cuireadh sruthanna buaice níos lú ná iad i ngar do -10 mA . Is léir ó na torthaí seo go raibh an tiús a bhain leis na scannáin PANI a chlúdaíodh trí úsáid a bhaint as aon chiseal amháin de théip insliúcháin níos mó ná mar a bhaineadh amach go leictreiceimiceach le 10 ciogail voltmhéadracha. Méadaigh an tiús seo le méadaithe i ndoimhne an tobar deasctha. Bhí comhéifeachtaí comhathrúchána faoi 6% ag baint le gach leictreoid ($n = 3$). Chun a thuilleadh staidéar a dhéanamh, ullmhaíodh an tobar deasctha as aon chiseal amháin de théip agus imíodh ar thóir modhanna eile chun tiús an scannáin polaiméire a laghdú.



Figúir 4.25: Tionchar doimhne an thobair deasctha ar shruth na buaice don bhuaic ocsaídithe LM^{2+} ($n = 3$). Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

4.2.2.3 Tionchar aois an thuaslagáin polaiméiriúchána ar pholaiméiriúcháin

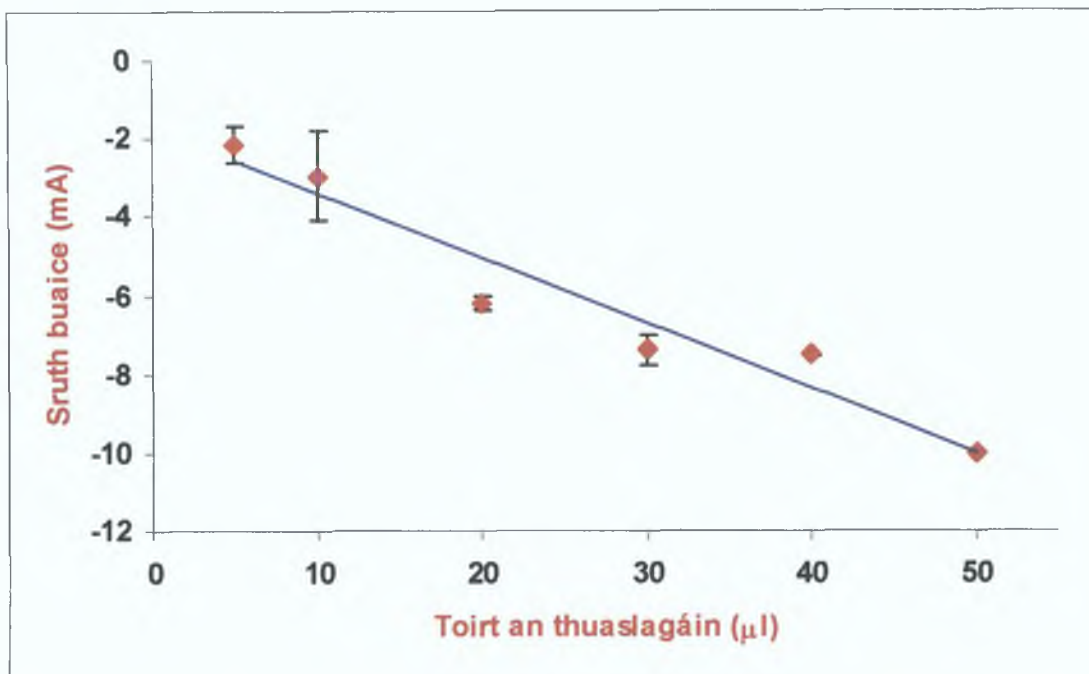
D'fhéadfadh na tuaslagáin anailíne agus ocsaídíte a chur ar stór ar feadh tréimshí theoranta ag 4 °C agus ansin athúsáid a bhaint astu le haghaidh oibrithe pholaiméiriúchána. Tugadh faoi deara gur bhaineadh an nós polaiméiriúcháin amach níos tapúla tar éis tuaslagáin a bhí curtha ar stór ar feadh níos mó amanna a mheascadh le chéile. Mar shampla, bhí thart ar 20 nóiméid ag teastáil ó thuaslagáin úrá a ullmhaíodh réidh, i gcomparáid le níos lú ná 10 nóiméid maidir le tuaslagáin a chuireadh ar stór ar feadh 3 laethanta. Bhí gaol lineach idir aois na tuaslagáin agus tiús na scannáin a tháirgeadh, mar atá léirithe i *bhFigúir 4.26* (cothromóid na dronlínean is fearr: $y = -0.5455x - 6.9856$, $r^2 = 0.9891$). Bhí luachana cc faoi 3% ag baint le ach aon shonra amháin do thuaslagáin a chuireadh ar stór ar feadh 4 laethanta ar a laghad tar éis d'iad a ullmhú. Bhí an-chuid athraitheachtaí i dtiús na scannáin mar thoradh ar thuaslagáin a chuireadh ar stór ar feadh tréimhsí níos mó agus mar sin de, bhí ré uasta de 4 laethanta ag baint leis na tuaslagáin seo.



Figúir 4.26: Tionchar aois na tuaslagáin anailíne agus ocsaídíte ar shruth na buaice don bhuaic ocsaídíte LM^{*+} ($n = 3$). Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

4.2.2.4 Tionchar toirt an thuaslagáin a dheascadh ar pholaiméiriúcháin

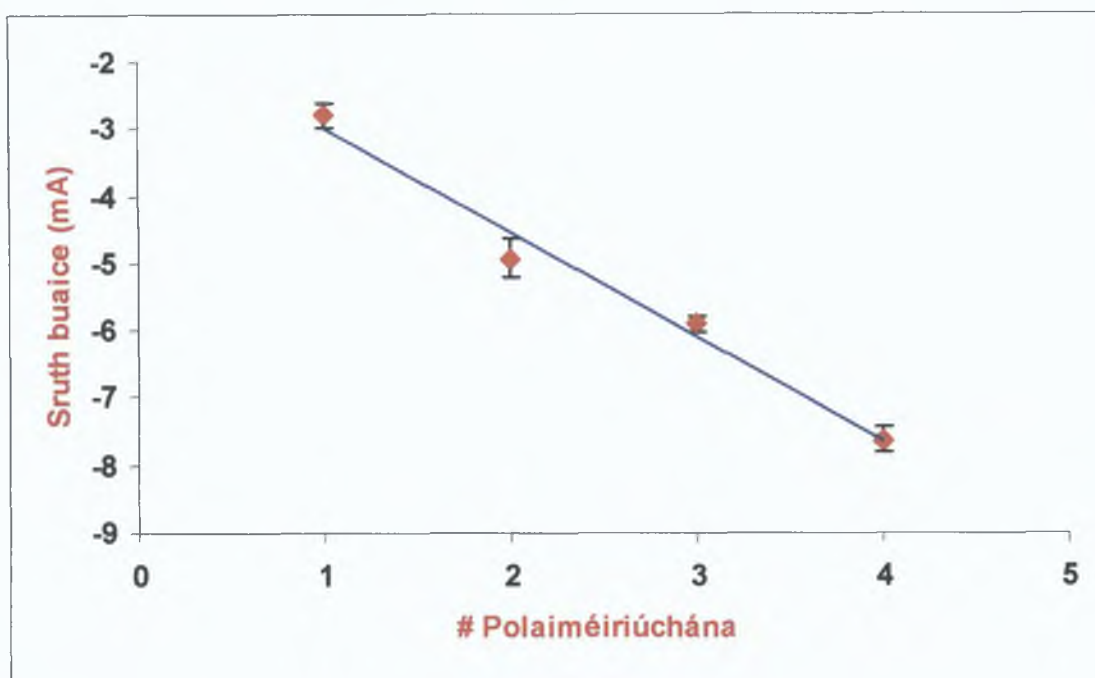
Bhí tionchar suntasach ag toirt an thuaslagáin, a dheascadh i dtobar deasctha a chruthaíodh as aon chiseal amháin de théip insliúcháin, ar na sruthanna buaice anóideacha agus dá bhrí sin ar thiús na scannáin PANI a dheascadh, mar atá léirithe i bhFigúir 4.27. Bhí gaol súdalíneach idir an toirt agus an tiús scannáin (cothromóid an dronlínean is fearr: $y = -0.165x - 1.7771$, $r^2 = 0.936$). Trí thoirt an thuaslagáin a mhéadú ó 5 go 50 μl , méadaíodh an sruth anóideach den bhuaic LM^{*+} ó -2.16 mA go -10 mA. Trí thoirteanna níos lú a úsáid, táirgeadh scannáin le tiúis cosúil le na tiúis optamaithe a bhain le scannáin a bhí polaiméirithe go leictreiceimiceach, mar a thaispeánadh i Mír 4.2.1.2.



Figióir 4.27: Tionchar toirt an thuaslagáin polaiméiriúcháin ar shruth na buaice don bhuaic ocsaídithe LM^{++} ($n = 3$). Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

4.2.2.5 Tionchar an méid clúdacha ar pholaiméiriúcháin

B'é an gaol is líneach idir aon airí pholaiméiriúchána agus tiús an scannáin PANI a tháirgeadh, ná an gaol a bhí ag an méid de pholaiméiriúchána i ndiaidh a chéile a bhaineadh amach ar aon leictreoid amháin. Tá an gaol seo léirithe i bhFigióir 4.28, a thaispeánann gur mhéadaigh tiús an scannáin deasctha le méadaithe sa mhéid de chéimeanna polaiméiriúchána a úsáideadh (cothromóid an dronlínean is fearr: $y = -1.5475x + 1.4418$, $r^2 = 0.9819$). Cé gurbh í an fheidhm ná scannán a tháirgeadh le tiús cosúil leis an tiús optaimithe ó na turgnaimh pholaiméiriúchána leictriceimiceacha ag baint leis, úsáideadh toirteanna 10 µl de thuaslagán as sin amach. Deascadh na toirteanna seo ar leictreoidí inar gcruthaíodh an tobar deasctha as aon chiseal amháin de théip insliúcháin, a ghin sruth buaice thart ar -2.66 mA amach don bhuaic LM^{+} .



Figúir 4.28: Tionchar an méid de pholaiméiriúchána ar shruth na buaice don bhuaic ocsaídíte LM^{2+} ($n = 3$). Baineadh na voltmhéadagramanna amach i 1 M HCl (i dtaca le Ag/AgCl, ráta scanta 100 mV/s).

4.2.2.6 Tionchar PVS ar pholaiméiriúcháin

Ón uair a bhí anailín polaiméirithe go rathúil ar dhromchlaí leictreoidí, cuireadh PVS sa mheascán chun sochar a bhaint as a bhuntáistí bhithbhraiteora, a léiríodh i Mír 2.3.6. Tríd an léibhéal chéanna de PVS a úsáideadh do pholaiméiriúcháin leictriceimiceacha a úsáid, níor chuireadh cosc ar an nós polaiméiriúcháin ceimiceach nó ar nascadh PANI do dhromchla na leictreoid. Míbhuntáiste a bhain leis an modh polaiméiriúcháin seo i gcomparáid le polaiméiriúcháin leictriceimiceach, ab ea an t-am a thóg sé chun an t-imoibriú polaiméiriúcháin a bhaint amach agus freisin an t-am a thóg sé chun an tuaslagán a thrimiú i ndiaidh na hoibrithe. Mhéadaigh amanna na polaiméiriúchána ó 20 nóiméid go dtí thart ar 30 nóiméid nuair a chuireadh an dópán leis agus bhí amanna thrimithe de cúpla uair a chloig ag teocht an tseomra ag teastáil, is dócha de bharr nádúr so-ghlaite an mheascáin a dheascadh.

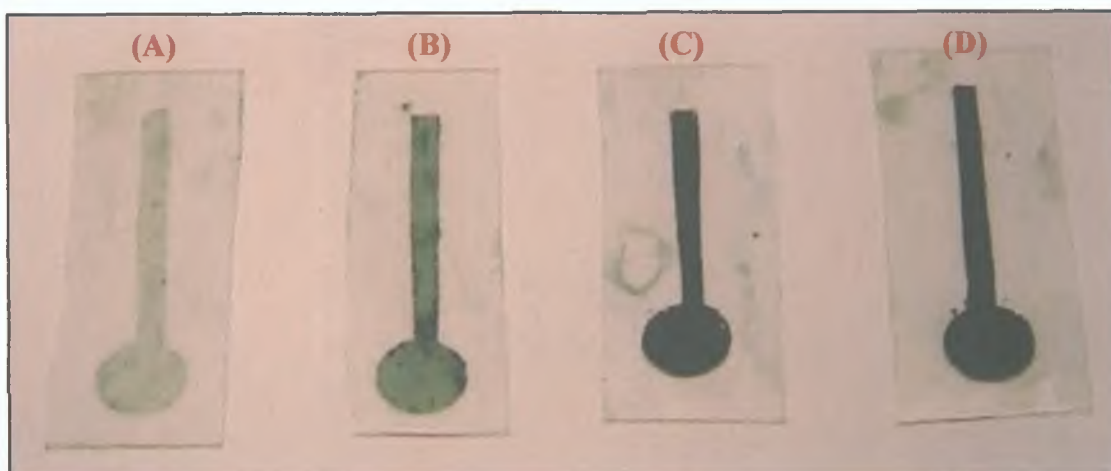
Chun iarracht a dhéanamh an próiseas trimiú a luathú agus greamú optamaithe de PANI/PVS do dhromchla leictreoidí a choimeád, rinneadh fiosrú ar raon de

choinníollacha thrimithe le bogthaise agus teochtaí dhifriúla ag baint leo; 4 °C, 24 °C, 24 °C i dtiomadán agus 50 °C – 75 °C in oigheann saotharlainne. Mar a mhíníodh cheana féin, bhí cúpla uair a chloig ag teastáil sular fhéidir le scannáin a thrimiú in aeir ag teocht an tseomra a úsáid. Níor thrimigh scannáin a fhágadh ag 4 °C in aon chor, ní amháin tar éis 4 laethanta ar stór. Bhí na scannáin a thrimeadh ag 50 °C brioscach agus ní raibh siad oiriúnach do thurgnaimh i dtuaslagáin. B'iad na coinníollacha thrimithe optamaithe ná ag teocht de 24 °C i dtiomadán. Bhí na scannáin seo tirim agus réidh le haghaidh úsáid a bhaint astu tar éis 30 nóiméid de thrimiú.

4.2.3 Leictreoidí ullmhaithe as PANI amháin

Cé go bhfuil seoltacht ag baint le PANI agus cé gur thug an nós polaiméiriúcháin seo an deis chun scannáin PANI ar gach dealramh le méideanna éagsúla ag baint leo a chruthú go héasca, rinneadh iarracht ar leictreoidí le dearcadh cosúil le dearcadh na LSP a ullmhú as PANI/PVS amháin, gan aon fhochiseal seoltach airgid nó leictreoid oibre charbóin ag baint leo. Cuireadh téip insliúcháin PVC le cruth de leictreoid cosúil leis an gcruth a dhearcadh do LSP eitseáilte as, le bandaí PET agus ansin clúdaíodh iad go ceimiceach le PANI/PVS. Ansin baineadh an théip insliúcháin den PET agus fágadh leictreoid oibre PANI/PVS, mar atá léirithe i *bhFigiúr 4.29(A)*. Baineadh an nós chéanna amach arís trí thuaslagáin pholaiméiriúchána úra a chur leis an leictreoid déanta, ionas gur dheascadh na cisil ar bharr na cisil eile, mar atá léirithe i *bhFigiúr 4.29(B) – (D)*. Ach nuair a chuireadh na leictreoidí seo le cealla leictriceimiceacha áfach, chun úsáid a bhaint astu mar bhithbhraiteoirí, d'eitseáil na cónaisc leictriceimeacha a úsáideadh (siad sin, na fáiscíní chrogailleacha) tríd an scannáin polaiméire agus sa slí sin, bhris siad an cosán seoltach agus bhain siad an teagmháil leictreach den chóras. Bhí drochghreamaitheacht don fhoshraith ag baint le gach leictreoid, d'aineoinn tiús an scannáin polaiméire. Rinne roinnt údair réamhchóireáil ar na scannáin PET chun greamaitheacht scannáin PANI deastha a fheabhsú. Mar shampla, bhain Kang *et al.* nósanna bunaithe ar pholaiméiriúchán nádaithe le haigéad aicrileach, solfónáitiú agus hidrealú amach chun feidhmiú dhromchlacha a dhéanamh

ar scannáin PET. Rinneadh fiosrúcháin ar na nósanna seo chun seoltacht a chur leis an dromchla sular chuireadh an bun amaraíldíne neodrach leis [162]. Rinneadh fiosrú ar rhaon de fhoshraitheanna chun an ardán optamaim a fháil do bhraiteoir PANI mar seo.



Figiúr 4.29: Leictreoidí pholaiméireacha a ullmhaíodh go ceimiceach de bharr deascadh PANI/PVS ar fhoshraitheanna PET le 1 ciseal, (A) 2 ciseal (B), 3 ciseal (C) agus 4 ciseal (D) den pholaiméir.

4.2.3.1 Tionchar an fhoshraith ar airí scannána

Ba cheart go mbeadh airí éagsúla oiriúnacha ag baint le foshraith ionas go mbaineadh nascadh éifeactach de pholaiméir amach, mar aon le fuinneamh agus cobhsaíocht mheicniúla, comhoiriúnacht ceimiceach agus fisiceach leis an tuaslagán polaiméire agus oiriúnacht do athchuingreachas agus próiseáil mheicniúil. Tá dá short de fhoshraitheanna ann; iadsan atá bunaithe ar theicneolaíocht hibrídeach, sé sin ceirmeachaí agus iadsan atá bunaithe ar chiorcaid solúbtha, sé sin plaisteachaí. Rinneadh fiosrú ar an tionchar a bhí ag an dá short de fhoshraitheanna trí Melinex™ (poileistear), gloine, gloine shioctha, polacarbonáit, polapróipiléin agus gloiní clúdaithe le OIS agus OIF a úsáid in áit an fhoshraith PET. Bhí drochghreamaitheacht ag baint leis na foshraitheanna pholapróipiléine agus ghloiní, cé gur d'eitseáil na cónaisc leictriceimeacha tríd an scannáin polaiméire agus mar sin de, níor bhaineadh úsáid astu mar fhoshraitheanna a thuilleadh. Rinneadh iarrachtaí na scannáin seo a leasú leis na dromchlaí ag 50 °C agus i gcás an fhoshraith ghloiní, chuir sé sin feabhas ar an ngreamaitheacht. Ach bhí friotaíochtaí níos ísle ag baint le gloine shioctha de

bharr teagmháil níos fearr idir na scannáin agus an fhoshraith. Maidir le gloiní clúdaithe le OIS agus OIF, baineadh sár greamaitheacht amach do scannáin PANI. Tá an tionchar a bhí ag na foshraitheanna ar an mbraiteoir déanta léirithe i dTábla 4.5.

Tábla 4.5: Tionchar na foshraithe ar sheoltacht leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS.

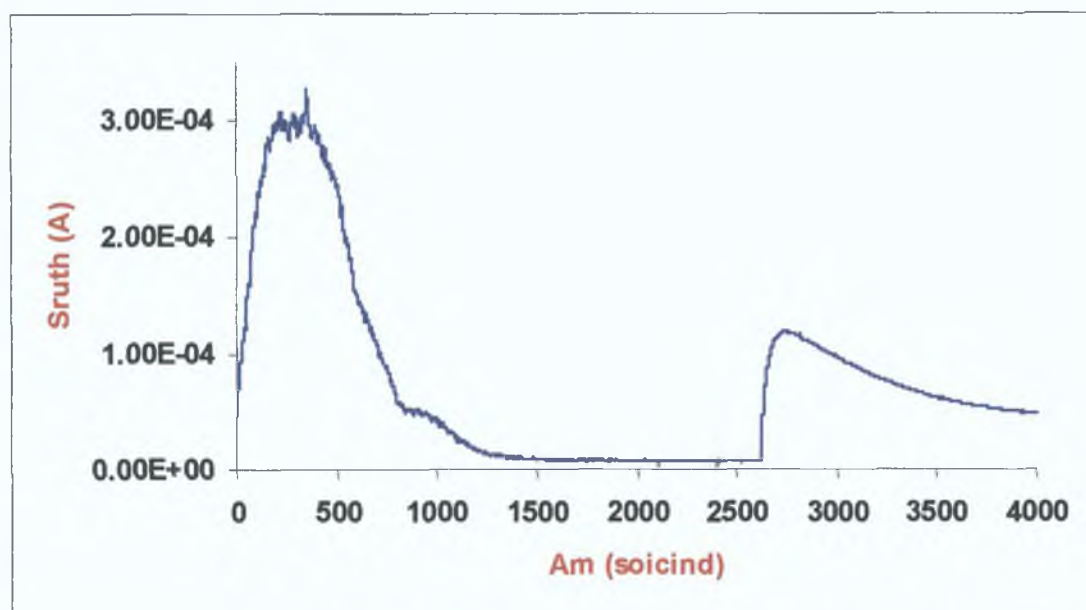
Foshraith	Friotaíocht (kΩ)
PET	3.45
Gloine	32.0
Gloine shioctha	3.50
Gloine clúdaithe le OIS	0.45
Gloine clúdaithe le OIF	0.49
Polacarbonáit	5.88
Polapróipiléin	—

Bhí an fhriotaíocht is ísle ag baint leis na leictreoidí bunaithe ar PANI a chur i gcomparáid leis na leictreoidí bunaithe ar gloine OIS, de dheasca seoltacht nádúrtha na foshraithe (friotaíocht OIS = 0.033 Ω). Bhí seoltacht ard ag baint le scannáin a chuireadh le gloine OIF chomh maith (friotaíocht OIF = 0.031 Ω), cé go raibh an fhriotaíocht níos airde de 0.49 Ω ag baint leis na scannáin seo i gcomparáid leis na scannáin ar ghloine OIS. Cé gur chur gloine OIS dromchla ar fáil a bhí oiriúnach do scannáin PANI polaiméirithe, tá costais airde, sobhrísteachas agus cúrsaí láimhseála anástacha ag baint le foshraitheanna ghloiní agus mar sin, níl siad oiriúnach do iltáirgeadh a dhéanamh ar ghléasanna leictreoid. Tá tuairiscí déanta le déanaí ar scannáin OIS a chlúdaíodh ar foshraitheanna pholaiméireacha cosúil le polapróipiléin adaípeáit [163], polacarbonáit [164] agus PET [165–166]. Bheadh dromchlaí mar seo níos oiriúnaí chun iltáirgeacht a bhaint amach ar ghléasanna braiteora a bheadh clúdaithe le polaiméirí.

Maidir le leictreoidí airgid clúdaithe le PANI, cé go raibh gá le scáthlámphriontáil a dhéanamh ar an dúch airgid, ní raibh aon gá comhnaisc leictriceimiceacha a chur go díreach leis an bpolaiméir agus dá bhrí sin, níor eitsealaíodh an polaiméir go

fisiciúil. Nasc na scannáin polaiméireacha go cobhsaí leis an dromchla airgid nuair a thumadh iad i dTMF le linn anailísí aimpéarmhéadracha. Tig leis na leictreoidí seo PET solúbtha agus neamh-chostasach a úsáid mar bhun-ábhar. Gearradh na hamanna polaiméiriúchána (20 nóiméid) de bharr an seoltacht níos fearr a bhain leis an bhfochosán airgid i gcomparáid le dromchlaí plaisteacha (30 – 40 nóiméid) agus mar sin, tá cruthú an-mhaith ag baint leo mar ghléasanna braiteora a d'fhéadfaí a chruthú gan carbón a úsáid.

Cuireadh clúdach SRF leis na scannáin agus baineadh na nósanna leictranailíseacha i Mír 2.3.10.1 amach leo. Tá aschur aimpéarmhéadrach tipiciúil léirithe i bhFigiúr 4.30.



Figiúr 4.30: Freagairt aimpéarmhéadrach foistine de leictreoid PANI/PVS a ullmhaíodh go ceimiceach agus ansin a chlúdaíodh le 0.625 mg/ml SRF (–100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

Bhí na sruthanna catalaíocha thart ar 109 μA , níos mó ná na sruthanna a ghineadh de ghnáth leis an córas polaiméirithe go leictriceimiceach bunaithe ar leictreoidí charbóin. Ach thaispeán na sruthanna catalaíocha thart ar 330 μA seo agus na sruthanna cúlra thart ar 9 μA , go raibh na cisil pholaiméire fós níos tiubhe ná na scannáin pholaiméirithe go leictriceimiceach. Ach d'fhéadfadh easpa an ciseal carbóin

a bheith freagrach as seo in ionad athruithe sa thiús. Bhí cóimheasanna comhartha/cúlra de 12 ag baint leis na braiteoirí seo. I gcomparáid le braiteoirí ullmhaithe as anailín a bhí polaiméirithe go leictriceimiceach a léiríodh cheana féin i Mír 4.2.1.2.4 ina raibh cóimheasanna c/c de 24 ag baint leo, is léir go bhfuil obair optamaithe fós le déanamh má tá scannáin anailíne polaiméirithe go ceimiceach, chun áit na scannáin a ullmhaíodh go leictriceimiceach a thógáil i dtáirgeadh braiteoirí.

4.3 TÁTAIL

Taispeánadh go bhfuil sruchtúr cnapánach ag baint le scannáin PANI a bhí polaiméirithe go leictriceimiceach ar dhromchlaí LSP agus LCG agus go raibh tionchar ag tiús na scannáin ar roinnt gnéithe de na freagairtí bhraiteora. Trí thiús na scannáin pholaiméire a mhéadú, méadaíodh amanna na freagartha, chomh maith leis na sruthanna cúlra agus lucht braiteora. Maidir leis na haschuir sreatha cataleíocha, baineadh na haschuir is mó amach le tiús scannáine de -6.3 mA don LSP agus -4.1 mA don LCG. Ag tiúis níos mó ná iad, laghdaigh na sruthanna cataleíocha, b'fhéidir de bharr an oiread sin scoilte a bhain leis na scannáin sin, a dtugadh faoi deara iad sna híomhánna LSM de na scannáin. Ach bhí méadaithe sna sruthanna cúlra agus na hamanna freagartha míbhuntáisteach chun na scannáin seo a úsáid le cúrsaí bhraiteoracha. Roghnaíodh scannáin a fhásadh go -2.8 mA mar optamam don obair seo, in anneoinn an fhoshraith. Tháirg na sruthanna seo scannáin a bhí thart ar 13.7 μm ar thiús. D'fhéadfadh go raibh difríochtaí i ndealbheolaíochtaí na scannáine PANI/PVS críochnaithe, freagrach as na difríochtaí sin i ngnéithe éagsúla den na freagairtí bhraiteoracha. Bhí scannáin PANI/PVS a fhásadh ar dhromchlaí LCG níos cothroime agus níos dingthe ná scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LSP. Ach bhí greamaitheacht níos fearr ag baint leis na scannáin a fhásadh ar dhromchlaí LSP áfach.

Bhí tionchar ag na coinníollacha réamhchóireála a rinneadh ar na leictreoidí don phróiseas polaiméiriúchána leictriceimice, cé nár chlúdaíodh an dromchla iomlán leis na tuaslagáin aigéadacha agus bunata is láidre. Ba é 0.2 M H_2SO_4 de rogha ar na tuaslagáin polaiméiriúchána eile don obair seo. Ba iad na coinníollacha stórála

optamaithe do na scannáin PANI/PVS seo ná tirim ag -20°C , le réanna de 9 míosa ar a laghad ag baint leo. Bhí buntáistí ghlana do tháirgeadh braiteoirí ag baint le smacht a chur ar thiús an scannáin le teicníochtaí phoitéinsidhinimiciúla. Níor éirigh le poitéinseastát ilchaineálach smacht a chur ar dheascadh scannáin PANI go tiúis cothroma ar dhromchlaí na leictreoidí, ach d'fhéadfadh dearcadh níos oiriúnaí é seo a bhaint amach. Ach ní bheadh an costas níos airde a bhaineadh le leictreoidí a tháirgeadh le gléasanna ilchaineálacha, oiriúnach le haghaidh iltáirgeadh a dhéanamh ar ghléasanna braiteora saoire áfach.

Taispeánadh go bhfuil an-chosúlacht ag baint le scannáin PANI a ullmhaíodh go ceimiceach do nósanna braiteora. I gcomparáid le scannáin a bhí polaiméirithe go leictriceimiceach, bhí deilbheolaíochtaí níos cothroime ag baint le scannáin a bhí polaiméirithe go ceimiceach, le méadaithe sna léibhéil scriosta maidir le méadaithe sa thiúchán ocsaídithe sársulfáit amóiniam. Laghdaíodh amanna na polaiméiriúchána de bharr méadaithe sa thiúchán ocsaídithe, ach ní raibh an chuid is mó de sheoltacht ag baint leis na scannáin fhorocsaídithe seo. Trí thuaslagáin pholaiméiriúchána a dheascadh ag braonchlúdú, baineadh scannáin le tiúis níos atáirgí amach ná mar a bhaineadh le scannáin a ullmhaíodh trí shlí tumtha. Bhí tionchar ag paraiméadair ar nós doimhne an thobair deasctha, aois agus toirt na tuaslagáin pholaiméiriúchána agus an méid de chlúdaithe a chuireadh leis an leictreoid, ar thiús na scannáin. Trí aon chiseal amháin de théip insliúcháin agus aon dheascadh amháin de $5\text{ }\mu\text{l}$ de thuaslagáin anailíne agus ocsaídí úra a úsáid, táirgeadh scannáin le tiús cosúil leis an tiús optamaithe a aimsíodh go leictriceimiceach.

D'fhéadfaí PVS a chur leis na braiteoirí go héasca, cé go raibh amanna thrimithe níos mó ag teastáil uathu. D'fhéadfaí leictreoidí a ullmhú as PANI/PVS amháin ar raon de fhoshraitheanna, gan úsáid a bhaint as fochosáin. Ach chuir an modh teagmhála leictreach a úsáideadh, teorainn ar an rogha de fhoshraitheanna a d'fhéadfaí a úsáid, mar ní mó úsáid a bhaint as foshraitheanna le hairí ghreamaithe oiriúnacha do na scannáin pholaiméirithe; OIS, OIF agus gloine sioctha. Ní raibh na foshraitheanna seo oiriúnach don instraimiú braiteora nó do na teicníochtaí tháirgeacha i gcúrsaíocht agus dá bhrí sin ní mó fochosán seoltach airgid a úsáid le braiteoirí PANI/PVS a ullmhaíodh go ceimiceach ar fhoshraitheanna polaiméireacha PET. Ullmhaíodh braiteoirí SRF/PANI/PVS sa slí seo agus taispeánadh gur oibrigh siad sa mhodh chéanna ná mar a d'oibrigh braiteoirí aimpéarmhéadracha bunaithe ar

fholeictreoidí charbóin, cé go raibh tiús níos mó ag baint leo i gcomparáid le scannáin a ullmhaíodh go leictriceimiceach. Ach trí uathoibriú oiriúnach chomh maith le calabrúchán a dhéanamh ar gach leictreoid, d'fhéadfaí smacht a chur ar inathraitheachtaí idir-leictreoidé agus ar thiús an scannáin, sa slí sin ag cur cosúlacht níos fearr ar scannáin PANI polaiméirithe go ceimiceach a úsáid le braiteoirí. D'fhéadfaí leictreoidí mar seo a ullmhú in aon chéim amháin, a thabharfaí d'iltáirgeacht braiteoirí bunaithe ar PANI i dtréimshí gearra. Tríd an dúch carbóin a bhaint den leictreoid, laghdófaí na costais tháirgeacha agus bheadh teicnícíochtaí pholaiméirithe cheimiceacha, neamhchostasach maidir le leictreoidí nó braiteoirí a tháirgeadh.

Bhí leictreapolaiméiriúcháin níos glaine agus níos tapúla mar mhodh polaiméiriúchána. Ach b'iad na buntáistí maidir le smacht a chur ar thiús na scannáine agus dá bhrí sin ar na freagairtí chúlracha agus íogaireachta na mbraiteoirí bunaithe ar PANI áfach, a bhí chuig scannáin leictreapolaiméirithe a úsáid le haghaidh bithbhraiteoirí aimpéarmhéadracha a fhorbairt. Dhéanfaí cur síos ar a thuilleadh caractaracht ar bhraiteoirí bunaithe ar einsímí agus antashubstaintí a ullmhaíodh as scannáin PANI polaiméirithe go leictriceimiceach i gCaibidil 5.

Caibidil a Cúig

Carachtaracht ar Bhraiteoirí
Bunaithe ar Pholanailín

5.1 RÉAMHRÁ

Is céim fíor-thábhachtach maidir le táirgeadh an bhraiteora í an bithmhóilín a dhoghluaise le dromchla na bhraiteora, gan cur isteach ar a ghníomhaíocht agus a shonrchas. Cé gurbh fhéidir le scáthlán-priontáil olltáirgeadh a dhéanamh ar na foábhair leictreoidé den bhraiteoir, ní féidir leis an teicníocht seo an dúil bithspeiceasach a ghreamú trí shlí chomh éasca sin. Tá léirmheas déanta cheana féin i Mír 1.2.5 ar na nósanna doghluaiseachta is coitianta. Cé gur tháisceánadh cheana féin i gCaibidil 4 gur comhdhúil intreach riachtanach don phróiseas bithbhraiteora tríú glúin ab ea PANI/PVS, dá bhrí sin bhíodhas ar lorg modh doghluaiseacha do na próitéiní, a chuireadh iad in oiriúint don pholaiméir seo mar ábhar tacaíthe.

Tá cur síos déanta ar dhá nósanna le haghaidh deascadh leictriceimiceach de scannáin phróitéin/pholaiméireacha a bhaint amach ar dhromchlaí leictreoidí. Ba é an chéad mhodh ná cruth gaisteacha comhdheasctha, atá úsáidte ag roinnt údair do dheascadh aon-chéimeach de pholaiméir agus einsím (agus uaireanta breiseáin cosúil le maolairí), ionas gur ghaistíodh an einsím sa líonra fásaithe polaiméireach in aon chéim amháin. B'éigean don úsáideoir smacht cruinn a choiméad ar thiús an scannáin polaiméire leis an bpróiseas seo freisin. Cé gur mhodh simplí agus gasta ab ea an modh seo, uaireanta bíonn na braiteoirí seo ag fulaingt as easpa atáirgeacht, cé go mbíonn suíomh gan aird ag baint leis na próitéiní sa mhaitrís polaiméireach agus d'fhéadfadh nach mbeadh siad insroicthe don anailít faoi leith [2]. Táirgeadh braiteoir do ghlúcós bunaithe ar PPy tríd an pholaiméir agus ODG a chomhdoghluaisiú le dromchla na leictreoidé in aon chéim pholaiméiriúcháin amháin [167]. Bhain Bartlett *et al.* úsáid as teicníocht phoitéinsiúil chéimithe chun ODG agus fearóiciainíd a ghastú i scannán polai(*N*-miotolporól) ar leictreoid phlatanaim [33]. Ach bhí droch cobhsaíochtaí ag baint leis na braiteoirí seo, le laghdú 68% san íogaireacht tar éis 24 uair a chloig ar stóráil i maolán. Tá roinnt míbhuntáistí ag baint leis an modh doghluaiste seo, siad sin nach féidir smacht a choiméad ar an tiúchán d'einsím a dhoghluaiseadh agus freisin go bhfuil tiúcháin aird de phróitéin ag teastáil. Chomh maith le sin, ní oireann an nós seo do gach einsím mar, gan aon dealramh le ODG, ní féidir leo na coinníollacha pH ísle atá ag teastáil chun tuaslagthacht a bhaint amach ar na monaiméirí, a sheasamh.

Rinne Coche-Guerente *et al.* mionathrú ar an nós doghluaiseacht seo trí leictreapolaiméiriúcháin a dhéanamh ar chiseal einsíme-pioróil amfaifileach a bhí asúite cheana féin le leictreoid phlatanaim nó charbóin [168]. B'éigean dóibh smacht a choimeád ar an méid d'einsím a dhoghluaiseadar agus ar thiús an scannáin freisin leis an bpróiseas seo. D'fhorbair na údair braiteoirí le raon d'einsímí, mar aon le SRF, ODG agus OGA, a ghaistigh siad i raon de scannáin pholaiméireacha a ghineadh ó mhonaiméirí amfaifileacha. Bhain Eftekhari úsáid as dhá nósanna difriúla chun bithbhraiteoirí do ghliocról a bhí bunaithe ar scannáin PANI a ullmhú [34]. Sa chéad cheann, deascadh aonchiseal a chruthaíodh ó mheascán de mhonaiméir, einsím agus maolaire. Leictreoid dhéchisil ab ea an dara ceann, a chruthaíodh trí dhá chéimeanna a úsáid; ar dtús, deascadh PANI agus maolaire agus ansin, deascadh PANI agus einsím. Ach maidir le ullmhú imdhionbhraiteoirí, d'fhéadfadh nach mbeadh modhanna doghluaiseachta gaisteacha oiriúnach dó, mar d'fhéadfadh go mbeadh na láthair nascatha Ab noctha ó na antaigíní faoi leith.

Is é an dara modh chun deascadh leictriceimiceach de phróitéin a bhaint amach ná chun próitéin a ghreamú go leictreastatach le scannáin polaiméire a pholaiméireadh go leictriceimiceach ar dhromchla na leictreoid. Tháirg Mu agus a chomhoibrithe raon de bhraiteoirí a bhain úsáid as modhanna dópála leictriceimiceacha chun raon de heinsímí, mar aon le OGA [35], SRF [36], ODG [169], ocsaíodáis sharcasíne [170], ocsaíodáis cholaistéaróil (ODC) [171] agus ocsaíodáis ascorbach [172], a ghreamú le cnámh droma PANI. Tá trasthomas thart ar 2,000 Å ag baint leis an bhfibril PANI agus bhí se éasca do na einsímí seo, ina raibh trasthomhais idir 26 agus 1,000 Å ag baint leo, greamú leis na scannáin [35]. Ba é an chéad bhraiteoir a d'fhorbair Mú agus a chomhoibrithe leis an teicníocht seo, ná braiteoir ODG/PANI, ina raibh cobhsaíocht oibríoch ard agus ré de 60 laethanta ag baint leis nuair a chuireadh é ar stór i maoláin fosfáite nó aicéatáite [169]. Rinneadh tuairiscí ar charachtaracht an bhraiteora seo ó shin [158, 173]. Ba é an braiteoir is déanaí a thug Mu agus a chomhoibrithe tuairisc air ná braiteoir ODC/PANI [171]. Méadaíodh cobhsaíocht oibríoch an bhraiteora seo nuair a chuireadh é ar stór i dtuaslagán foshraithe ina raibh tiúchán íseal de Triton X-100 ann, le 49% dá gníomhaíocht fágtha tar éis 11 laethanta, inar bhaineadh úsáid as an leictreoid 230 uaire.

Cé nach mbaineadh úsáid as go minic, is é an modh doghluaiste is simplí ná asúchán fisiceach. Rinne Halliwell *et al.* cur síos ar phróiseas asúcháin inar dhoghluaisigh siad an einsím dihidrigionáis le scannáin PANI dópaithe le PVS agus

polaicrileáit (PAA) [174], faoi seach. Baineadh an dópáil amach trí ghiobal histidine teirmineálach a chur leis an einsím. Trí shlí neamhchosúil le scannáin PANI/PAA, niorbh fhéidir le einsímí a thrasnasctha nó a chomhodranáidiú leis na scannáin PANI/PVS, de bharr easpa grúpaí charbocsaileáite iontu. Ach b'éigean dóibh nascadh leictreastatach nó mionathruithe cheimiceacha a bhaint amach ar an bPANI áfach. Fuair na údair amach go raibh cobhsaíocht ag baint leis na scannáin PANI/PVS le linn athmheasúnachtaí ag pH 7, a thaispeán nach raibh dípróitéiniú tábhachtach thar ré de chúpla uaire.

Bhain údair eile úsáid as oibreáin thrasnasctha cosúil le glútairildéad sa nós doghluaiste. D'fhorbair De Melo agus a chomhoibrithe braiteoir glúcóis poiteinsiméadrach a chur mairís PANI ar leictreoid oibre ocsaigine le glútairildéad mar thras-nascóir [120]. I láthair glútairildéad, baineadh dí-ocsaídiú ceimiceach amach ar na hathghrúpaí imíne agus aimíne de ghlútairildéad chun eanaimín a ghineadh. Ansin d'imoibrigh an dara grúpa carbóinil de ghlútairildéad leis na grúpaí aimíne den einsím ODG chun bun Schiff a ghineadh. Thóg an nós seo níos mó ná 2 uaire a chloig chun é a dhéanamh agus gineadh slabhra de 5 adaimh carbóin idir an PANI agus an einsím. Ach, cé gur bhaineadh an polaiméiriúcháin d'anailín amach trí shlí galbhanóstatach, i ndáiríre thóg sé 24 uaire a chloig níos mó ná sin chun an braiteoir a ullmhú. I bpáipéar a d'fhoilsigh siad níos déanaí, rinne na údair fiosrú ar an tionchar a bhí ag glútairildéad ar iompar leictriceimiceach PANI [175]. Fuaireadar amach gur tharla laghdú comhcheimeach i dtréscailteacht éine an pholaiméire de bharr dí-ocsaídiú an pholaiméire ag an aildéad. Bhain siad an t-adhmad as sin gur bhaineadh doghluaiseacht amach ar na heinsímí trí phola(glútairildéad) a ghineadh agus ansin a ghabhadh sa pháirteanna PANI. Bhain Ivanov *et al.* úsáid as PANI ina mbraiteoir cóilíneistearáise le glútairildéad mar oibreán tras-nasctha, chun einsímí a dhoghluaise le dromchlaí charbóin mhionathruithe le PANI dópaithe le aigéad camfarsulfónach [176]. D'fhorbair Li *et al.* nós baisce le haghaidh dhoghluaisteacht glútairildéad chun LSP aicéitiolcóilíneastaráise a cruthú [122]. Braon-chlúdaíodh ciseal einsíme ar na leictreoidí agus ansin cuireadh timpeallacht gaile de ghlútairaidéas leo ar feadh cúpla nóiméid chun an einsím a fhosú go comhfhiúsach. Baineadh úsáid as na braiteoirí seo chun an lotnaidicíd paracsón a bhrath agus fuarthas amach gur oibrigh siad cosúil le braiteoirí eile a ullmhaíodh le nósanna doghluaiste eile.

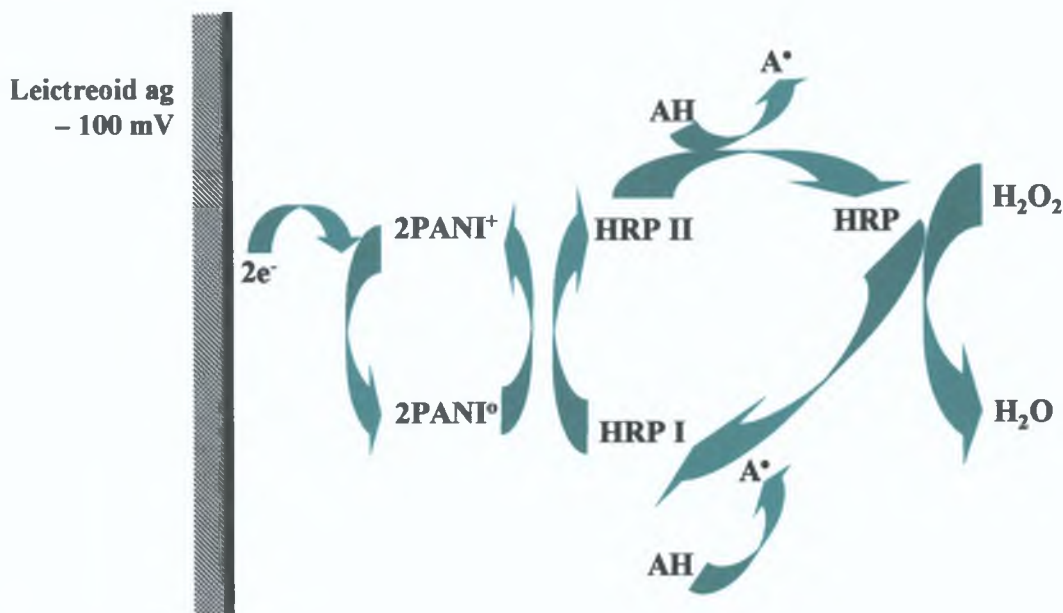
D'fhoilsigh Schuhmann *et al.* ceann de na chéad samplaí a chur síos ar úsáid a bhaint as polaiméirí sheoltacha mar fhoshraitheanna do dhoghluaiseacht comhfhiúsach ar phróitéiní le dromchlaí leictreoidí, nuair a rinne siad cur síos ar bhraiteoir glúcóis aimpéarmhéadrach [177]. Nascadh ODG go comhfhiúsach le PPy feidhmithe, a d'fhás siad go leictriceimiceach ar dhromchla leictreoidí phlatanaim nó ghraifite, a bhí níotráite go ceimiceach. Dé-ocsaídíodh na grúpaí nítrithe seo go leictriceimiceach agus rinneadh gníomhú ar na grúpaí charbocsaileacha den einsím le carbadaimíd, chun einsím a dhoghluaiseach leis an scannán polaiméire trí naisc aimíde. Chreid na údair gur thrasnasc an einsím de bharr an nós seo. Laghdaíodh íogaireacht an chórais seo tar éis 5 laethanta agus deir na údair go raibh sé seo sásúil maidir leis an méid íseal d'einsím a bhí nasctha le dromchla an bhraiteora. Thug Darain *et al.* tuairisc ar imdhíonbhraiteoir aimpéarmhéadrach le déanaí, a bhí bunaithe ar an bpolaiméir sheoltach 5,2':5'2"-teirthiaiféin-3'-aigéad carboscaileach ar LSP [30]. Bhí SRF agus streipteabhaidín nasctha go comhfhiúsach trí chúpláil EDC agus ansin cuireadh antashubstaintí bhitinithe do RIgG leis an scannán polaiméire. Bhí an córas seo in ann RIgG a bhrath trí shlí iomaíoch gan deighilt.

Bhain Killard *et al.* úsáid as córas leictreastatach chun próitéin a dhoghluaiseach do leictreoid PANI/PVS [117]. Ach níor rinneadh fiosrú riamh ar na tréith a bhain leis an bpróiseas seo. Tá cur síos ar an obair sin déanta sa chaibidil seo. Chomh maith le sin, déanfar cur síos ar fhiosraithe thriaileacha a rinneadh ar nósanna doghluaiseacha eile cosúil leis na cinn a bhfuil cur síos déanta orthu thuas, a cheapadh go raibh siad níos oiriúnaí d'olltáirgeadh.

5.2 TORTHAÍ AGUS PLÉ

Ar mhaithe le simplíocht agus éifeachtach ó thaobh costas de, baineann tromlach na gcórais doghluaiseacha le braiteoirí SRF/PANI/PVS. Bhíothas ar thóir modh optamaithe chun SRF a dhoghluaiseadh leis an gcnámh droma PANI/PVS agus déanfar cúntais ar réamhthorthaí a bhaineadh amach le modhanna úra freisin. Is gliceapróitéin leis an ngrúpa próistéiteach haema, ab é an láthair gníomhach den einsím chomh maith, í SRF agus tá sí freagrach as dí-ocsaídiú catalaíocha den

fhoshraith H_2O_2 [36]. Ghineann an t-imoibriú seo sruth catalaíoch de bharr dé-ocsaídiú leictriceimiceach de SRF I agus SRF II, atá dhá agus aon staid leictreoin amháin níos airde, faoi seach, ná an staid sosa. Ghábháileann an scannáin polaiméire PANI/PVS páirt an mhaolaire sa chóras, ina ócsaídíodh LM go LM^{+} , mar atá léirithe i bhFigiúr 5.1.

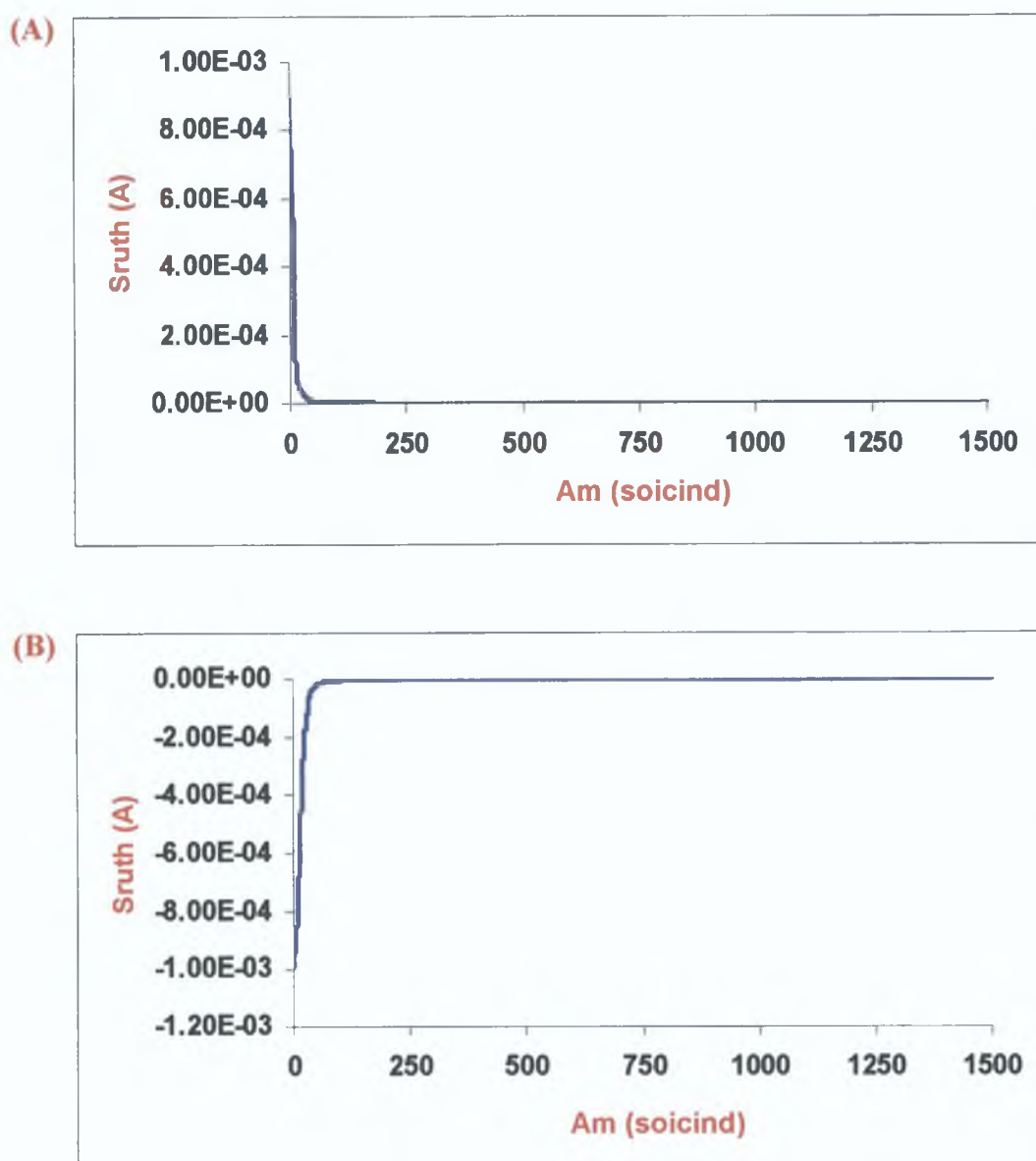


Figiúr 5.1: An córas imoibriúcháin don leictreoid SRF/PANI/PVS [141]. Baineadh dé-ocsaídiú de H_2O_2 amach trí chatalú SRF ina raibh ocsóifeiríl SRF I ($\text{Fe}^{\text{IV}}=\text{OH}$), hiodrocsaifeiríl ($\text{Fe}^{\text{IV}}-\text{OH}$) agus an cúpla rédoicse fréamhchaitiana polaileocóamaraidín/polaileocóamaraidín ($\text{PANI}^{+/0}$) páirteach sa mheicníocht ‘ping-pong’ sárocsaíde.

5.2.1 Ullmhúchán bithbhraiteoirí trí úsáid a bhaint as dópáil leictriceimiceach

Ullmhaíodh gach tuaslagán próitéine san obair seo i 0.1 M maolán fosfáite, pH 6.8, an maolán chéanna a úsáideadh le haghaidh na tomhais aimpéarmhéadracha. Ar dtús di-ocsaídíodh dromchla na leictreoid a bhí clúdaithe le PANI/PVS ag -500 mV ar feadh 25 nóiméid i dTMF chun an pholaiméir a ullmhú réidh don chéim doghluaiseachta, mar atá léirithe i bhFigiúr 5.2(A). Baineadh an próiseas seo amach chun na ainiain

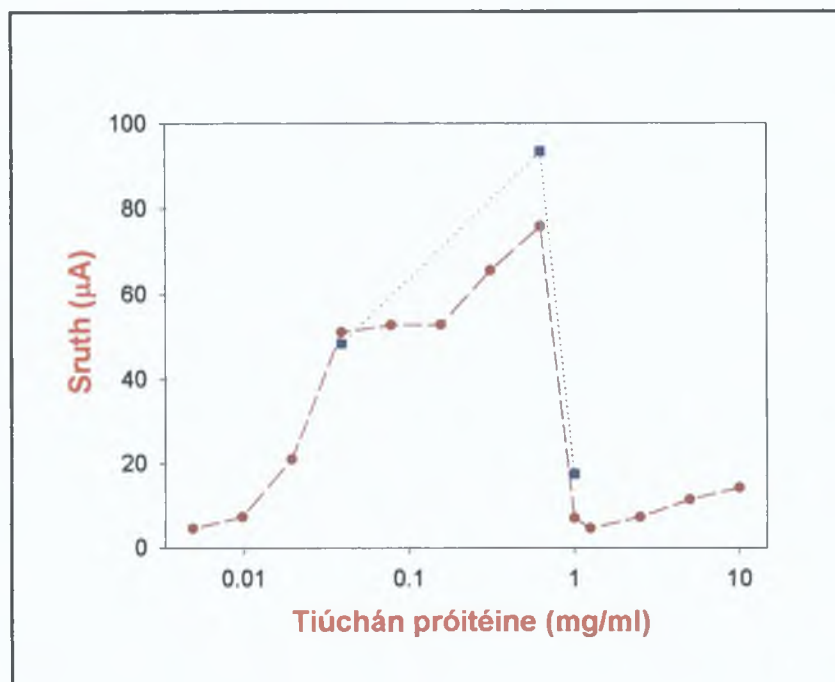
clóirídeacha a bhaint de na hábhair leictreoidé chomh hiomlán agus ab fhéidir [170]. Ansin cuireadh an tuaslagán próitéine sa chill leictreiceimiceach agus cuireadh tús le ciogal ocsaídithe ag 700 mV, mar a thaispeánadh i *bhFigiúr 5.2(B)*. Dópáileadh na próitéin leis an bpolaiméir le linn an chiogail dí-ocsáidithe seo. Ligeadh don chiogal leanúint ar feadh 25 nóiméid chun an méid de phróitéin sa scannán PANI a mhéadú.



Figiúr 5.2: (A) Rinneadh dé-ocsáidiú leictreiceimiceach ar dhromchla na leictreoidé i 0.1 M TMF, pH 6.8 roimh na ciogail dóghluaiseachta a dhéanamh (–500 mV i dtaca le Ag/AgCl). (B) Tumadh an leictreoid i dtuaslagán próitéine agus cuireadh ciogal déocsáidithe léi (700 mV i dtaca le Ag/AgCl). Nascadh na próitéiní leis an gcnámh droma polaiméire trí idirghníomhaithe leictreastatacha.

5.2.1.1 Toilleadh nasctha próitéine an bhraiteora

Maidir le réamhthurgnaimh, ceapadh gur bhaineadh an mionathrú is fearr ar dhromchla na leictreoid le Ab amach, trí úsáid a bhaint as tiúchán próitéine ard (1 mg/ml) chun an mhais de phróitéin a uasmhéadú ar dhromchla na leictreoid, mar a ndéantar i nósanna MISNE [117]. Ach chun an toilleadh nasctha próitéine a thomhais, rinneadh mionathruithe ar leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS le raon de thiúcháin SRF, mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.3*. Thaispeán sé seo nach raibh an tiúchán seo optamaithe, ach gur ghin an tiúchán próitéine seo comharthaí chatalaíocha níos ísle ná mar a ghin tiúcháin níos ísle de phróitéin. Fuarthas amach gurbh í tiúchán thart ar 0.6 mg/ml an thiúchán optamaithe. Ach fós bhíothas in ann comharthaí mhaithe a bhaint amach ag tiúcháin i bhfad níos ísle na sin. Bhí comharthaí ag 0.01 mg/ml inchomparáide le 1 mg/ml maidir leis seo. Baineadh an toradh chéanna amach nuair a ghreamaíodh Ab anta-bhitineach leis an gcnámh droma polaiméire agus nuair a chuireadh bitin-SRF léi. Thaispeán sé sin go raibh cosúlacht ag baint leis an mais de phróitéin á ghreamaíodh leis an dromchla, in aineoinn an phróitéin a úsáideadh.

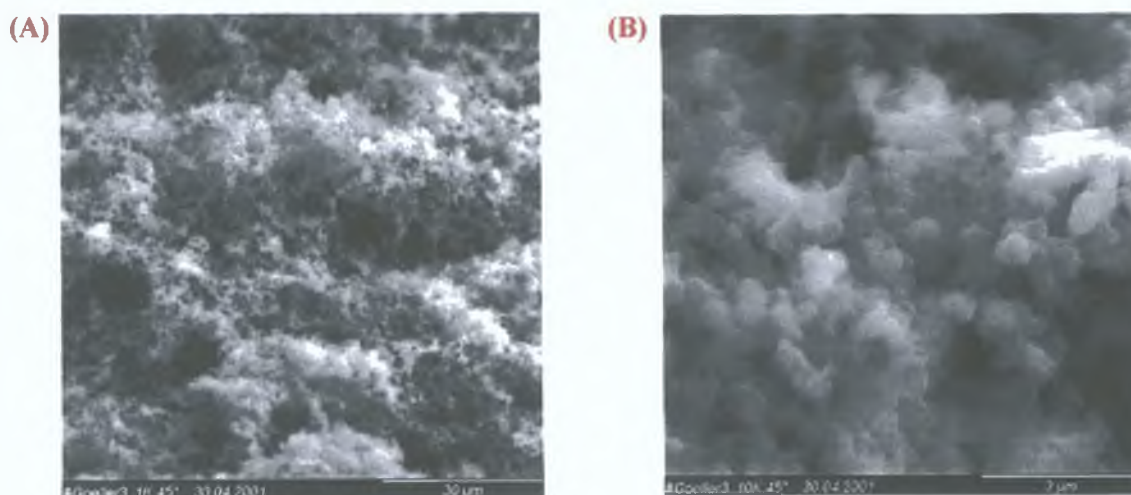


Figiúr 5.3: Toilleadh nasctha próitéine dromchla na leictreoid pholaiméire. Tháirg tiúcháin de SRF níos mó ná 1 mg/ml (dearg) freagairtí aimpeármhéadracha íseal. Ach bhí comharthaí faoin méid seo i bhfad níos airde, le uasluach ag thart ar 0.6 mg/ml. Baineadh freagairt cosúil le sin amach nuair a chuireadh an córas le Ab α -bitine agus bitin-SRF (gorm).

Ach d'fhéadfadh go raibh traschuir leictreoin níos éifeachtaí ag tiúcháin níos ísle d'antashubstaintí. Ag tiúcháin níos airde ná sin, d'fhéadfadh gur chur baic steireacha cosc ar an bhfoshraith dul chomh fada le einsímí a bhí suite níos giorra do dhromchla na leictreoid. Nó de rogha ar sin, maidir le einsímí a bhí suite sna cisil sheachtracha, d'fhéadfadh gur bhaineadh na eachtrachtaí chatalaíocha amach sular fhéidir le traschuir lucht a hidirleath le dromchla na leictreoid. D'fhéadfadh an dhá fhachtóir seo a bheith freagrach as laghdaithe sna comharthaí chatalaíocha.

5.2.1.2 Carachtarachtaí struchtúracha de chisil phróitéine

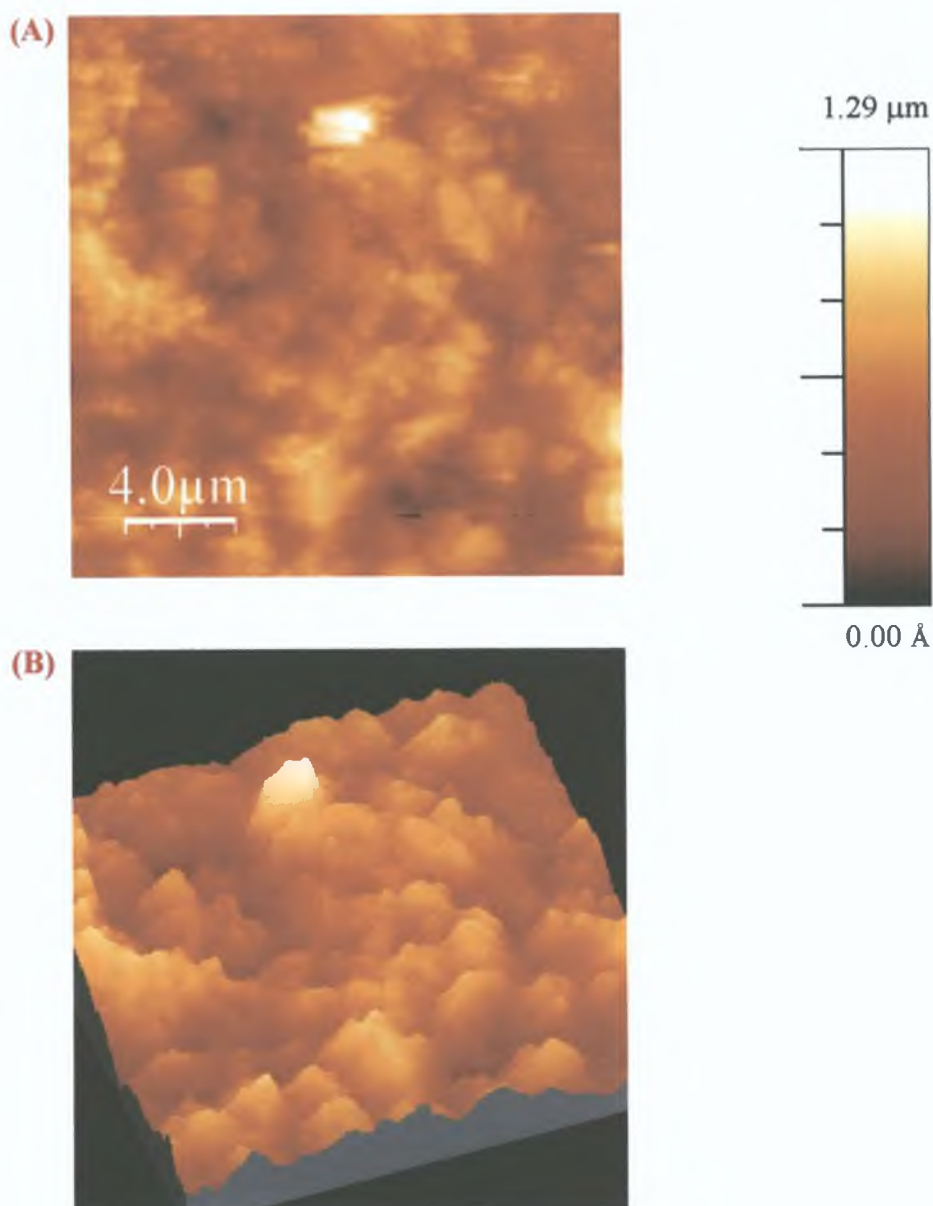
Tá an-tionchar ag geoiméadracht agus deilbheolaíocht dromchla an bhithchisil doghluaiste [178]. Ach in ionad scannán a chruthú ar dhromchla na leictreoid, taispeánadh i *bhFigiúr* 4.3 agus 4.4, gur chruthaíodh nódanna de pholaiméir air. Bheadh ag súil le doghluaiseacht próitéiní go leictreastatach trí threoshuímh randamacha leis na nódanna seo. Tá íomhánna LSM de dhromchla leictreoid pholaiméire mhionathruithe le 0.6 mg/ml SRF léirithe i *bhFigiúr* 5.4. I gcomparáid le íomhánna de PANI/PVS, deascadh ciseal eatroma sífineach de phróitéin ar na nódanna polaiméire seo, ach bhí an dearcadh iomlán cóilise fós soiléir iontu.



Figiúr 5.4: Íomhánna LSM de leictreoid clúdaithe le SRF/PANI/PVS ag taifeach (A) 30 µm agus (B) 3 µm (1,000 agus 10,000 x formhéadaithe, modh brathóra LT).

Ag formhéadaithe níos airde ná sin, mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.4(B)*, bhí sé deacair na dromchlaí seo a aithint ón gcisil PANI/PVS a léiríodh cheana féin i *bhFigiúr 4.3*. Cé gurbh fhéidir le LSM dromchlaí a íomhú ag toisí nm, bhí teicníochtaí níos cumhachtaí ag teastáil chun íomhú de phróitéiní ar nós antashubstaintí agus coimpléisc AbAg a bhaint amach. Rinne údair eile íomhú ar phróitéiní cosúil le SRF ar dhromchlaí leictreoidí trí úsáid a bhaint as MFA. D’ullmhaigh Jia *et al.* meascán de nanacáithníní óra agus SRF i líonra glóthach-sola, ina raibh luachanna míothroime de 2.3 nm ag baint leo [179]. Ach bhí na LSP clúdaithe le PANI/PVS a úsáideadh san obair seo i bhfad níos míothroimí ná na leictreoidí óra míne seo ($R_a = 3.1 \mu\text{m}$). San obair seo, rinneadh iarrachtaí ar SRF a bhí doghluaiste le LSP clúdaithe le PANI/PVS a íomhú le MFA. Tá gnáth íomhánna léirithe i *bhFigiúr 5.5*. Tá núicléatú na bpróitéiní seo a thugadh faoi deara san íomhú LSM soiléir sna hiomhánna seo freisin. Bhí sé soiléir nach raibh an ciseal próitéine dáilithe thar dromchla an bhraiteora; de rogha air sin bhí tortáin de phróitéiní soiléir. De bharr nádúr míothroime an fhodhromchla, briseadh na bioranna MFA nítríde shileacain nuair a chuireadh iad i dteagmháil le dromchla an bhraiteora. Dá bhrí sin, éiríodh as anailís MFA a dhéanamh ar na cisil próitéine agus chuathas ar lorg modh eile chun íomhú neamhdhíreach a dhéanamh ar phróitéiní.

Cé gurbh fhéidir le MFA agus LSM sa mhodh bhrathóra LT eolas dromchlach oiriúnach faoi dhinnseanchas iomlán na scannáin próitéine, níorbh fhéidir próitéiní aonair nó ghrúpaí phróitéine a thaifiú. Níor thaispeán anailís LSM-XSF de na scannáin SRF/PANI/PVS iarann ó na ghrúpaí próistéiteacha de na heinsímí SRF (níl na torthaí ar thaispeáint anseo) – a bhí suite gar do dhromchla na heinsíme – agus mar sin de, níorbh fhéidir dearchtha dinnseanacha a ghineadh sa slí sin. Ach trí úsáid a bhaint as próitéiní chomhchuingeacha le cáithnín neamh-céimnithe dlúithe le leictreoin, cosúil le ór, b’éigean do íomhú dáileadh na bpróitéiní a bhaint amach leis an teicníocht brathóra LCS, atá íogaireach do cháithníní le meacháin mhóilíneacha aird, cosúil le ór agus airgead. Trí na teicníochtaí seo a chur le chéile, ghineadh íomhánna le taifeach-ard (LT) agus ghineadh comharthaí a bhrath ar ábhair (LCS) lócáilte cruinne de Ab ar dhromchla na leictreoidé, tríd an fhochnámh droma PANI/PVS a aithint thar an gciseal próitéine.

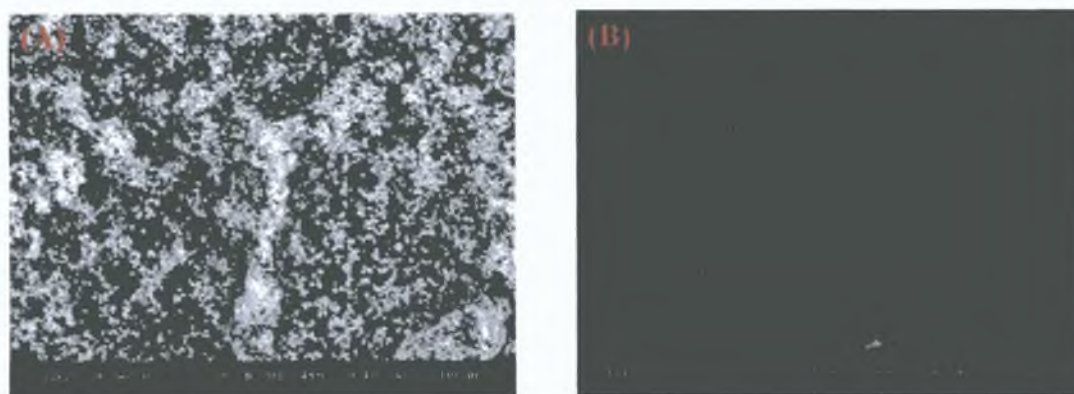


Figúir 5.5: Íomhánna MFA 2-D (A) agus 3-D (B) de leictreoid mhionathruithe le SRF/PANI/PVS (modh cnagtha).

Uaireanta, is féidir na comharthaí LCS a mhéadú le céim méadaithe airgid. Tharla dí-ocsaídiú de na héine airgid de bharr an próiseas seo, a bhí freagrach as deascadh airgead miotalach timpeall ar na cáithníní óra chollóideacha. Rinne Berney *et al.* carachtaracht ar dhromchla a mbraiteoir trasfeirineach bunaithe ar shlis, trí úsáid a bhaint as céim méadaithe cosúil le seo [178]. San obair seo i láthair, baineadh úsáid

as mAb GCD- β comhchuingeachta le cáithníní óra chollóideacha 15 μ m, chun dinnseanchachas de na cisil Ab ar LSP clúdaithe le PANI/PVS a bhaint amach.

Tá íomhánna LCG de leictreoid PANI/PVS mionathruithe leis an tiúchán optamaithe 0.625 mg/ml de α -HCG- β Ab le lipéid óra léirithe i *bhFigiúr 5.6(A)*. I gcontrárthacht le leictreoid a ullmhaíodh trí úsáid a bhaint as an tiúchán chéanna de phróitéin ach gan an céim méadaithe a úsáid (*Figiúr 5.6(B)*), d'fhéadfaí na collóideacha óra agus dá bhrí sin an Ab a bhrath trí shlí níos éasca leis an nós méadaithe ach níorbh fhéidir ach tortáin níos mó de Ab a aithint gan an nós méadaithe a úsáid. Buntáiste eile a bhain leis an nós méadaithe a úsáid ná gur ghineadh dromchla a d'fhéadfaí anailís a dhéanamh air le teicníochtaí XSF. De bharr deacrachtaí ionstramaithe a bhain leis an gcóras LSM/XSF, ní raibh sé in ann ór a bhrath, fiú amháin ar dhromchla caighdeán carbóin-óir.



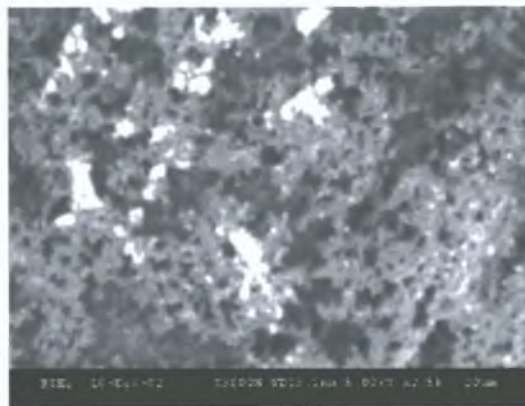
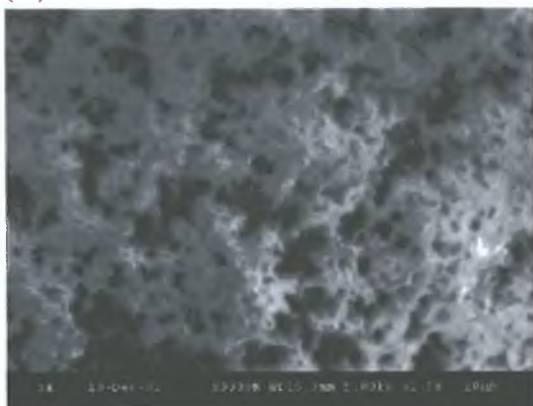
Figiúr 5.6: Íomhánna LSM de leictreoidí mhionathruithe le PANI/PVS clúdaithe le 0.625 mg/ml α -GCD- β -collóideach óir leis (A) agus gan (B) nósanna méadaithe le airgead a úsáid (450 & 500 x formhéadaithe, modh brathóra LCS).

Baineadh íomhánna LCS agus LT amach de dhromchlaí clúdaithe le tiúcháin athruithe de Ab ó 10 mg/ml go 0.08 mg/ml agus tá íomhánna tipiciúla léirithe i *bhFigiúr 5.7*. Maidir le gach íomhá LT, níorbh fheidir na cáithníní óra clúdaithe le airgead a aithint ón dromchla polaiméire. Ach, trí bratha LCS a úsáid áfach, bhí na lipéidí óra clúdaithe le airgead infheicithe thar an cúlra polaiméire níos dorchaí.

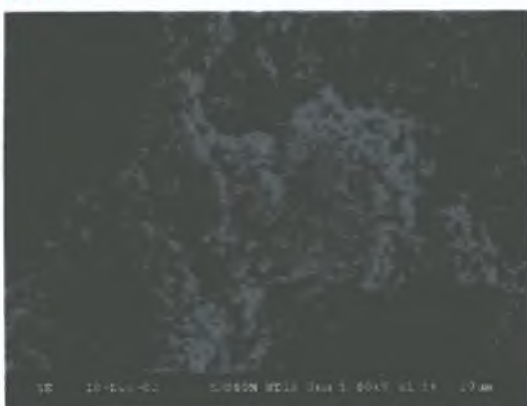
Íomhánna LT

Íomhánna LCS

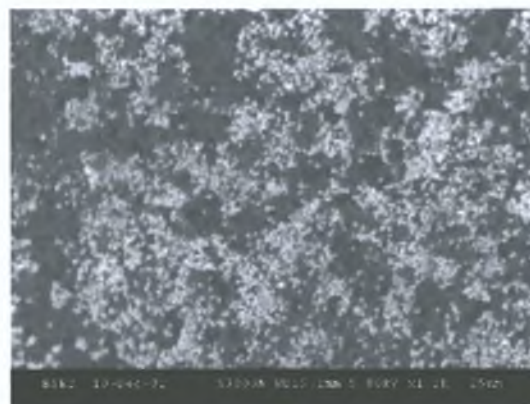
(A)



(B)



(C)

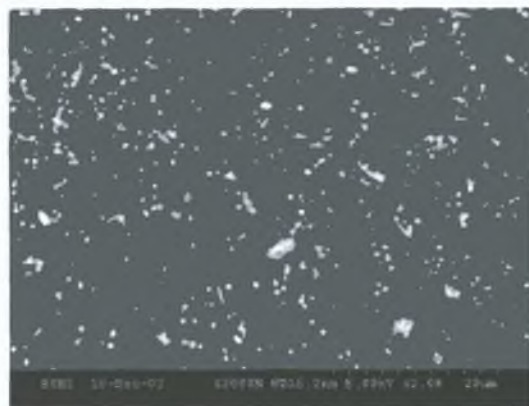
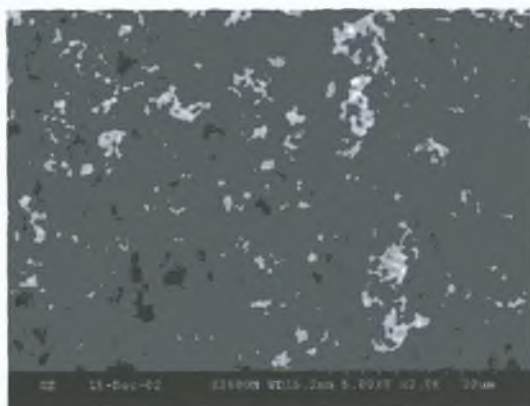


Figúir 5.7: Íomhánna LSM a bhaineadh amach le modhanna brathóra LT agus LCS de thiúcháin athruithe de Ab le collóideacha óra ar leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS; (A) 10 mg/ml, (B) 5 mg/ml agus (C) 1.25 mg/ml (2,500, 1,500 & 1,200 x formhéadaithe).

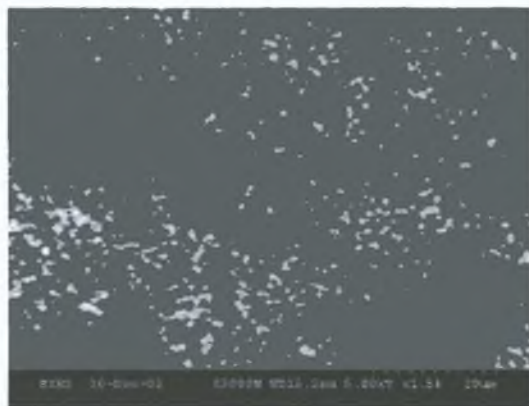
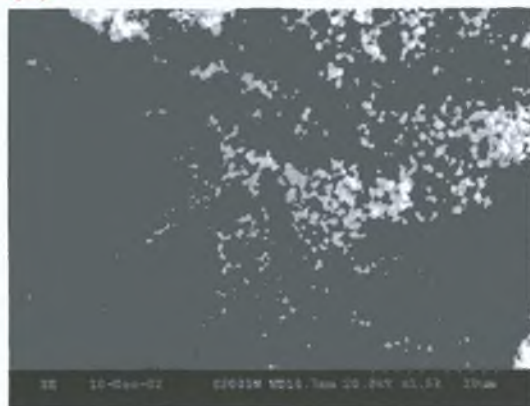
Íomhánna LT

Íomhánna LCS

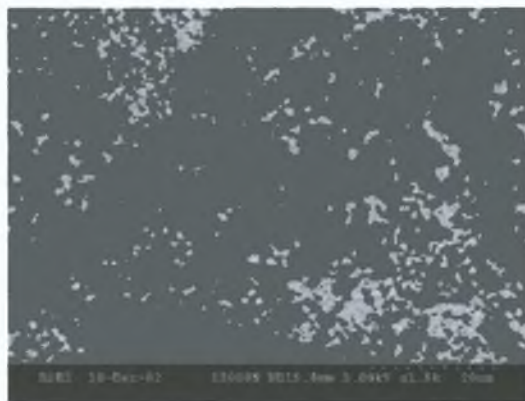
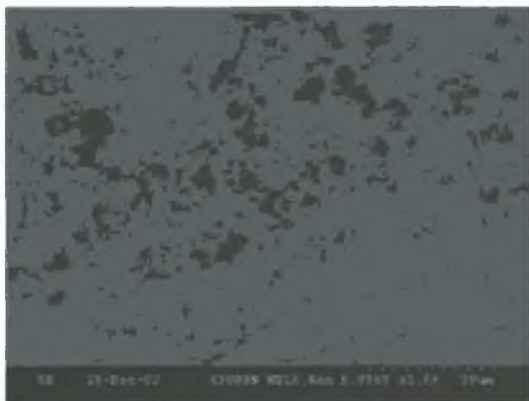
(D)



(E)

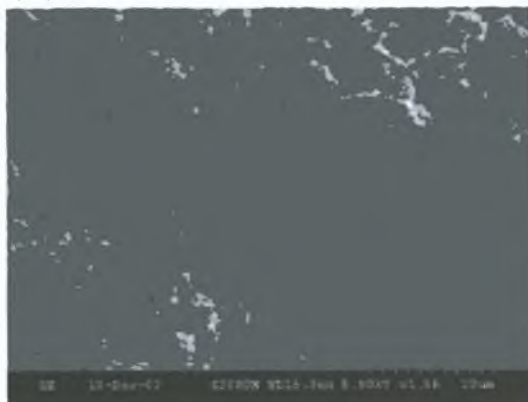


(F)

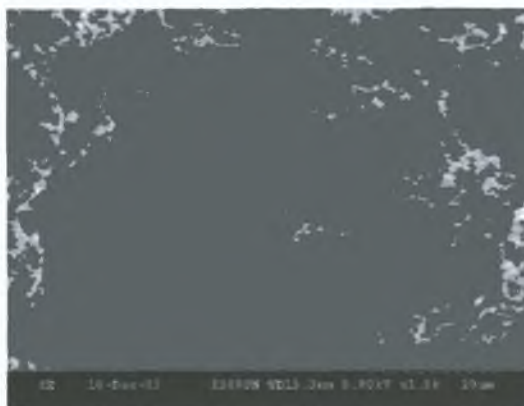


Figiúr 5.7: ar leanúint. (D) 0.625 mg/ml, (E) 0.5 mg/ml agus (F) 0.313 mg/ml de Ab le collóideacha óra ar leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS (2,000 & 1,500 x formhéadaithe).

(G)



(H)

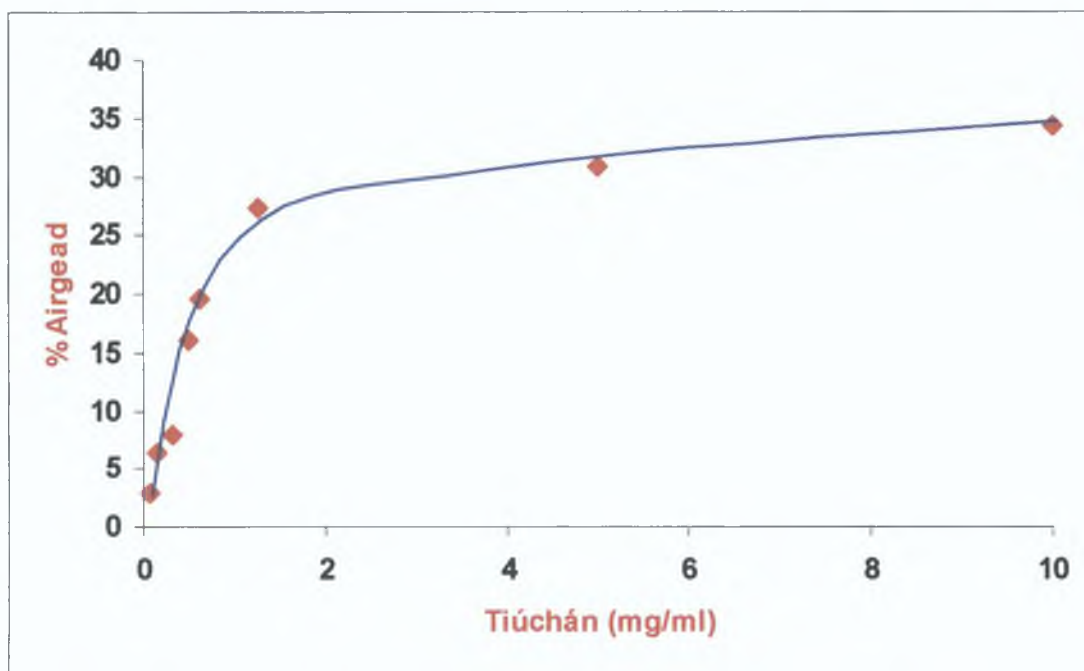


Figiúr 5.7: ar leanúint. (G) 0.157 mg/ml agus (H) 0.078 mg/ml de Ab le collóideacha óra ar leictreoidí clúdaithe le PANI/PVS (1,500 x formheadú).

Ag tiúcháin níos airde de Ab-collóideacha óra, bhí gaol idir dáileadh na próitéine agus na struchtúir a bhain leis an bhfopholaiméir, mar a thaispeánadh sna híomhánna LT. Ach ag tiúchán de 10 mg/ml áfach (*Figiúr 5.7(A)*), d'fhéadfaí comhbhailiúchán nó mothair próitéine a fheiceáil ar dhromchla na leictreoid. Laghdaigh na mothair seo na comharthaí aimpéarmhéadracha ina dhiaidh sin, mar a thaispeánadh cheana féin i *bhFigiúr 5.3*. Ní raibh an chuid is mó de chomhbhailiúchán i láthair ag tiúchán de 5 mg/ml agus bhí dáileadh cothroime (cé go raibh scagacht ag baint leis) de phróitéin ar dhromchla na leictreoid. Baineadh

clúdacha níos cothroimí amach ag tiúcháin de 1.25 mg/ml (*Figiúr 5.7(C)*) agus 0.625 mg/ml (*Figiúr 5.7(D)*) chomh maith. Ach, bhí geadáin pholaiméire le feiceáil anois is arís idir na mothair antashubstainte áfach. Lean an treocht seo ar aghaidh maidir leis na tiúcháin is ísle de Ab, atá léirithe i *bhFigiúirí 5.7(E) – (H)*, le gaol idir an dáileadh scáinte de phróitéin agus na tiúcháin ísle a úsáideadh. Mar a thugadh míniú air cheana féin i *bhFigiúr 5.3*, cé go raibh clúdacht Ab íseal i gcáis mar seo, bhí na comharthaí aimpéarmhéadracha fós níos láidre ná mar a bhain le leictreoidí clúdaithe le tiúcháin níos airde de Ab. D'fhéadfadh nach raibh an chuid is mó de mhothair ag na tiúcháin ísle seo agus gur chur sé seo le teaghmháil níos éifeachtaí idir na lipéid einsíme agus dromchla na leictreoidí.

Baineadh anailís LSM-XSF amach ar gach aon dhromchla a thaispeánadh i *bhFigiúr 5.7*. Maidir leis an tsampla 0.5 mg/ml mar shampla, thug anailís XSF chun eolais go raibh na dúil seo leanas suite ar dhromchla na leictreoid; carbón (65.76%), airgead (27.45%), clóirín (3.83%), chomh maith le riancainníochtaí de shóidiam, síleacan agus strointiam. Tá an gaol idir an céatadán airgid a bhrathadh agus an tiúchán Ab do gach sampla a thaispeánadh i *bhFigiúr 5.7* léirithe i *bhFigiúr 5.8*.

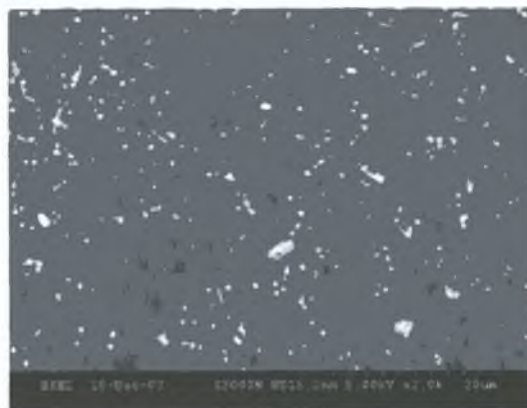
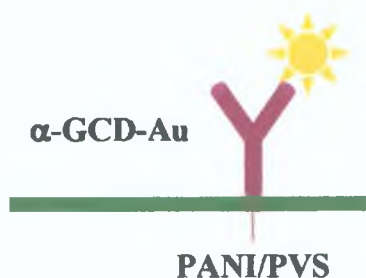


Figiúr 5.8: An gaol idir an tiúchán de Ab le lipéid chollóideacha óra méadaithe trí úsáid a bhaint as céim airgid agus an céatadán airgid a bhrathadh le anailís XSF.

Cé gur mhéadaíodh an tiúchán airgid a bhrathadh le méadaithe sa thiúchán Ab, ní raibh na méadaithe seo i gcomhréireacht le méadaithe sa thiúchán. Bhí gaol líneach idir an tiúchán Ab agus an céatadán d'airgead a bhrathadh ag tiúcháin níos ísle ná 0.625 mg/ml (cothromóid na dronlínean is fearr; $y = 30.282x + 0.4877$, $r^2 = 0.9699$) ach níor bhain an gaol seo leis na tiúcháin Ab níos airde.

In éineacht le tomhais a dhéanamh ar Ab le lipéid óra (*Figiúr 5.9(A)*), baineadh íomhánna LSM chosúla amach de leictreoidí PANI/PVS clúdaithe le Ab gur féidir léi nascadh leis an Ab seo lipéadta le ór (sé sin, α -luch Ab), a ghabháil páirt an thomhais smachta (*Figiúr 5.9(B)*) agus freisin de leictreoidé PANI/PVS clúdaithe le α -luch Ab agus ciseal de Ab lipéadta le ór, a thugadh deis dóibh idirghabháil a dhéanamh leis an dromchla seo faoi choinníollacha comhthimpeallacha ar feadh uair a chloig (*Figiúr 5.9(C)*). Bhí tiúchán 0.625 mg/ml ag baint le gach sampla agus cuireadh an nós méadaithe airgid leo. Is íomhánna tipiciúla iad na íomhánna atá léirithe. Mar a bheadh súil leis, ní raibh aon achair le dlús leictreoiné de bharr óir ag baint leis na híomhánna smachta (*Figiúr 5.9(B)*), a bhí neamhchosúil leis na híomhánna den Ab lipéadta ag ór (*Figiúr 5.9(A)*). I gcontrárthacht leis an gceann is déanaí, cé gur bhrathadh achair lipéadta le ór san íomhá idirghníomhú Ab atá léirithe i *bhFigiúr 5.9(C)*, ní raibh an dlús leictreoiné chéanna ag baint leis (*A*). D'fhéadfadh go raibh an treoshuíomh randaim dosheacanta den α -luch Ab freagrach as seo, cé nárbh fhéidir cóimheas 1:1 d'idirghníomhaithe a bhaint amach.

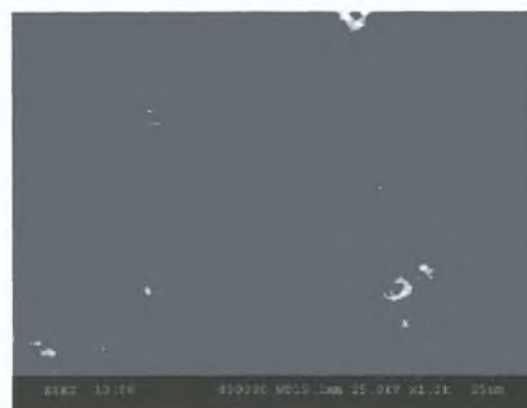
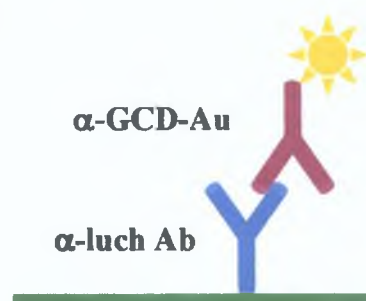
(A)



(B)



(C)



Figiúr 5.9: Na nósanna turgnamhacha agus na híomhánna LSM a ghineadh astu, do 3 nósanna Ab doghluaiste le LSP clúdaithe le PANI/PVS; (A) 0.625 mg/ml α -GCD- β Ab comhchuingeachta le collóideacha óra, (B) 0.625 mg/ml α -luch Ab, (C) 0.625 mg/ml α -GCD- β Ab doghluaiste le α -GCD- β Ab comhchuingeachta le collóideacha óra (2,000, 600 & 1,200 x formhéadaithe, modh brathóra LCS).

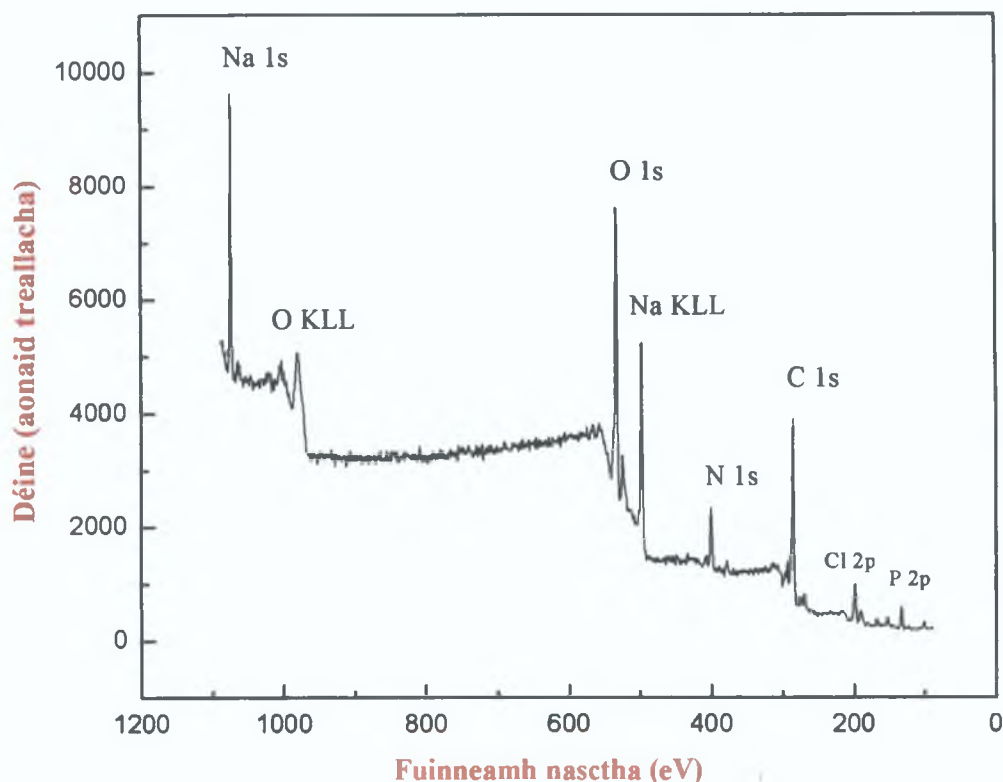
5.2.1.3 Anailís speictreascópach fhotaliectreoiné X-ghathach ar chisil phróitéine

Bhain Mu agus Xue úsáid as SFX chun na buaice C 1s, N 1s agus O 1s a thomhas do thrí leictreoidí bunaithe ar PANI, siad sin scannán PANI, braiteoir ODG/PANI a tháirgeadh trí asúchán a dhéanamh agus braiteoir ODG/PANI a tháirgeadh trí dhópáil leictriceimiceach a dhéanamh [158]. Tugadh athruithe sna fuinnimh nasctha faoi deara do na dúil faoi leith de PANI roimh agus tar éis doghluaiseacht na heinsíme, a thaispeán gur bhaineadh doghluaiseacht amach ar bharr agus istigh sna scannáin PANI. Thaispeáin na aistrithe cheimiceacha níos airde de na trí dhúil a bhain leis na leictreoidí dhópailte go raibh fórsaí nasctha níos láidre idir an einsím agus an pholaiméir ag baint leis na scannáin seo. Bhain Wang agus Mu úsáid as an teicníocht chéanna ó shin, chun anailís a dhéanamh ar dhoghluaiseacht na heinsíme ODC leis an modh dópáile leictriceimiceach [171].

Le linn an phróisis doghluasithe leictriceimiceach seo, tig le caitiana maoláin a bhí luchtach go deimhneach dópáileadh leis an gcnámh droma PANI/PVS in éineacht leis an einsím nó an Ab. Tá scanach tuairisce de LSP clúdaithe le SRF/PANI/PVS léirithe i *bhFigiúr 5.10*. Thaispeán sé seo gur chuireadh na caitiana sóidiam den mhaolán TMF le dromchla na braiteora le linn an phróisis doghluaiseachta, rud a thugadh faoi deara le braiteoirí eile a ullmhaíodh trí úsáid a bhaint as coinníollacha cosúlachta [158]. D'fhéadfadh go raibh comhshnaidhiú caitiana sóidiam ón tsalann sóidiam PVS a úsáideadh sa phróiseas polaiméiriúcháin freagrach as an buaic seo freisin. Ach is amhrasach gurb é sin a tharla, cé nach raibh buaic shóidiam le feiceáil sa scanach XFS de PANI/PVS (*Figiúr 4.6*). Chun a chinntiú go raibh comhshnaidhiú éine freagrach as an buaic shóidiam seo, méadaíodh fuinneamh éine an mhaoláin TMF faoi chúig ó 0.1 M go 0.5 M agus cruthaíodh braiteoirí SRF/PANI/PVS as. Laghdáíodh na aschuir aimpéarmhéadracha de bharr na méadaithe seo, ó $78 \mu\text{A} \pm 2 \mu\text{A}$ ($n = 3$) do mhaolán le fuinneamh éine 0.1 M ag baint leis, go $66 \mu\text{A} \pm 2 \mu\text{A}$ ($n = 3$) do mhaolán le fuinneamh éine 0.5 M ag baint leis. Cuireadh na laghdaithe sna freagairtí seo síos le comhshnaidhiú méadaithe de chaitiana maolána sa scannán, cé nach mbeadh an chuid is mó de chomhshnaidhiú d'einsímí SRF ann agus dá bhrí sin laghdódh na aschuir shreatha chatalaíocha.

Thaispeán an scanach tuairisce SFX go raibh ocsaigin, carbón, nítrigin, clóirín agus fosfar i láthair ar dhromchla na leictreoidé freisin. Tá na speictrim charbóin 1s,

nítrigine 1s agus ocsaigine 1s de leictreoidé PANI/PVS mionathruithe le 0.625 mg/ml SRF, léirithe i bhFigiúr 5.11. Chun cúiteamh le éifeachtaí luchtá dromchlacha, bhí gach fuinneamh nasctha tagartha don bhuaic charbóin neodrach C 1s (284.6 eV).



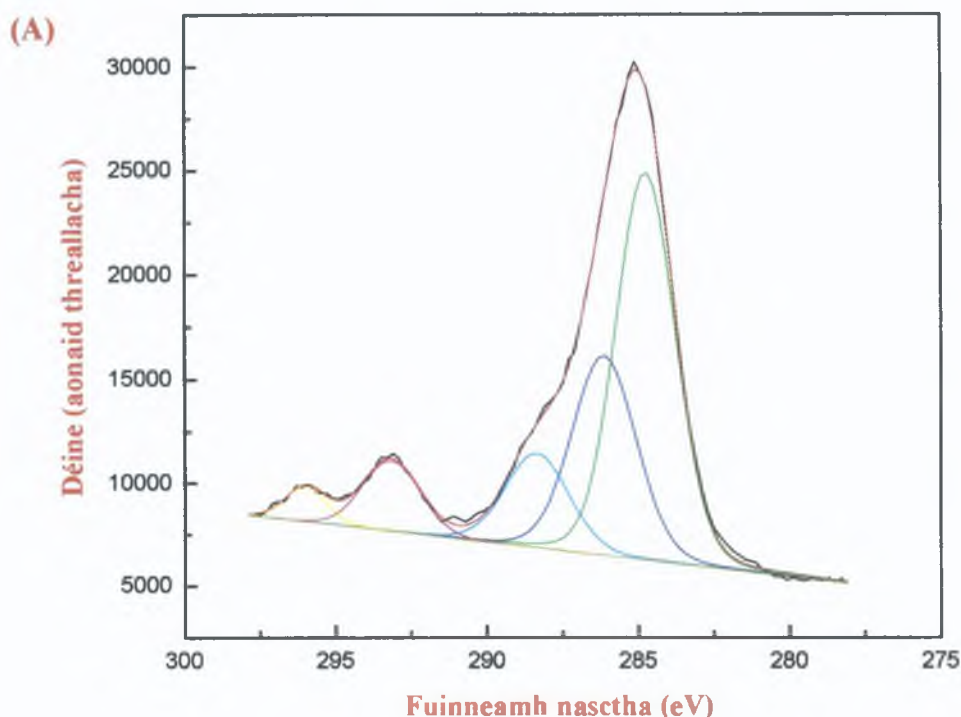
Figiúr 5.10: Scanach tuairisce SFX de LSP clúdaithe le SRF/PANI/PVS.

Ag tagairt do na speictrim SFX de scannáin polaiméire PANI/PVS, a thugadh cúntas orthu i Mír 4.2.1.1.3, tugadh athruithe sa fhuinneamh nasctha faoi deara roimh agus tar éis dópáil leictreiceimiceach a bhaint amach. Thaispeán sé seo gur dhoghluais an SRF istigh nó ar bharr na scannáin PANI/PVS. Briseadh an speictream C 1s (*Figiúr 5.11(A)*) go cúig buaiceanna le fuinnimh nasctha de 284.7, 286.1, 288.4 293.2 agus 296 eV faoi seach, tar éis doghluaiseacht leictreastatach a bhaint amach. Cuireadh C 1s sa PANI/PVS síos leis an bpríomhbhuaic ag 284.7 eV, a bhrathadh ag 284.8 eV cheana féin (*Figiúr 4.7(A)*). Cuireadh SRF doghluaiste sa scannán polaiméire nó aistrithe ceimiceacha de C 1s sa PANI síos leis na ceithre buaiceanna

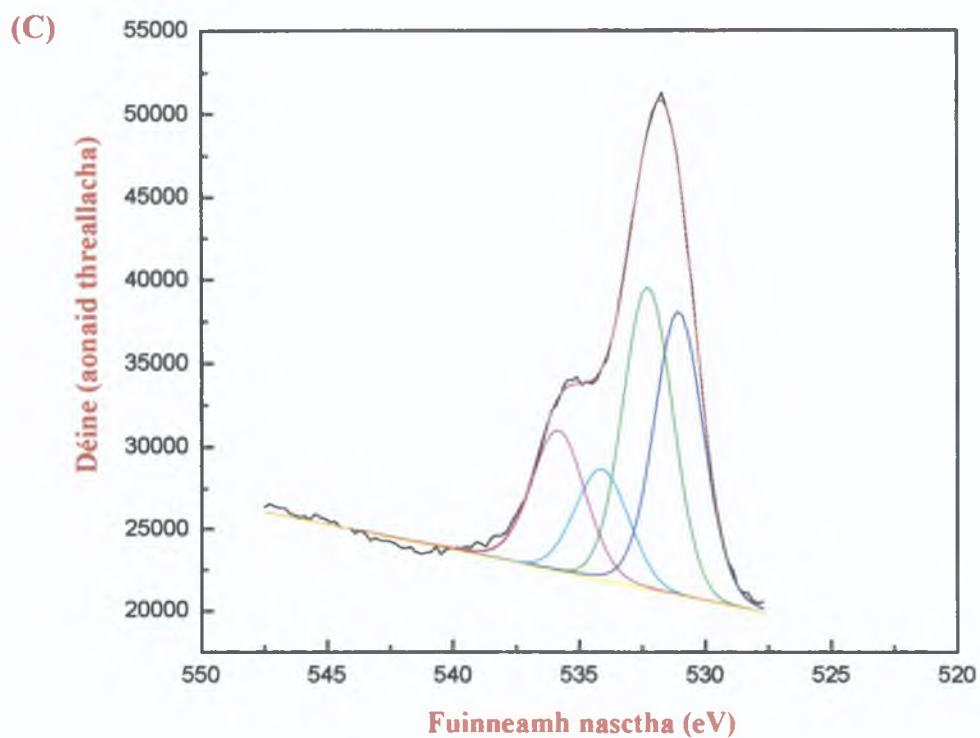
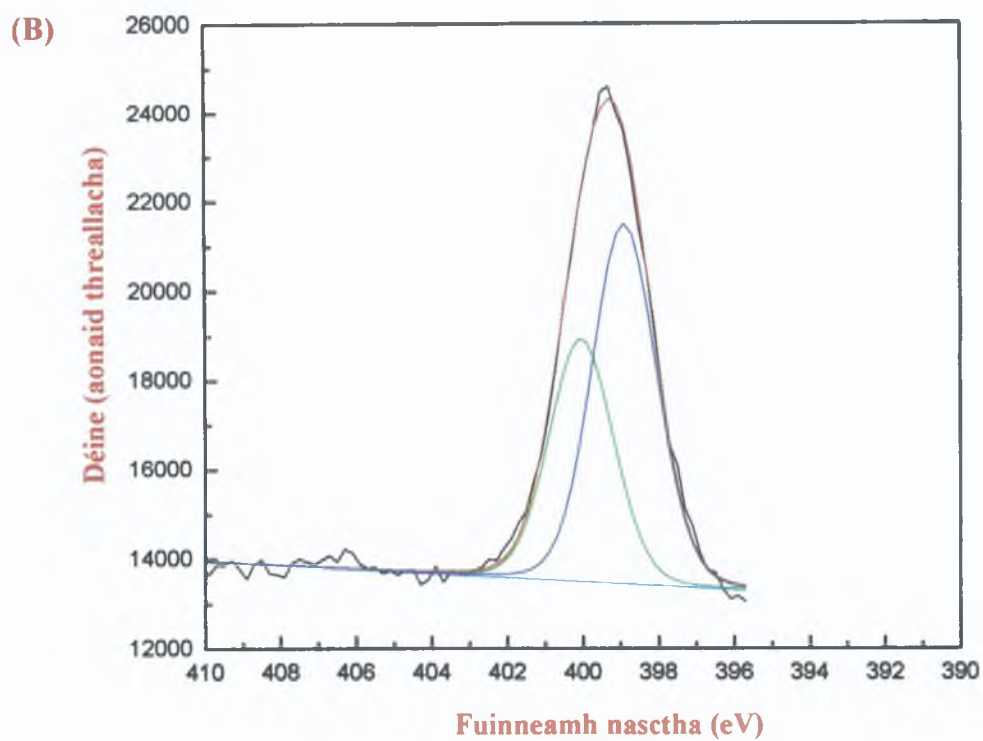
eile. D'fhéadfadh gur mhéadaigh an SRF a bhí luchtadh go deimhneach, sciathadh na luchtadh deimhneacha an C 1s de na leictreoin sheachtracha. D'fhéadfadh go raibh an dá short d'adaimh charbóin (cuineoide agus fáinní fheinile) de PANI freagrach as dá chinn de na buaiceanna seo agus léirigh sé seo gur doghluaiseadh SRF de dhá short d'adaimh charbóine.

Bhí an speictream N 1s (*Figiúr 5.11(B)*) an-chosúil leis an speictream N 1s a ghineadh do PANI/PVS (*Figiúr 4.7(B)*). Ach bhí déine na buaice don leictreoid SRF/PANI/PVS níos láidre. Chomh maith le sin, baineadh aistrithe sa fhuinneamh ceimiceach amach ó 399.5 eV go 396.6 eV tar éis doghluaiseacht a bhaint amach.

Scoileadh an speictream O 1s (*Figiúr 5.11(C)*) ó dhá bhuaice don leictreoid PANI/PVS (*Figiúr 4.7(C)*), idir ceithre buaice don leictreoid SRF/PANI/PVS. Brathadh láithreachta ocsaigin cheana féin sa scan tuairisce do PANI/PVS agus d'fhéadfadh go raibh ocsaigin asuite go láidre leis na scannáin polaiméire.



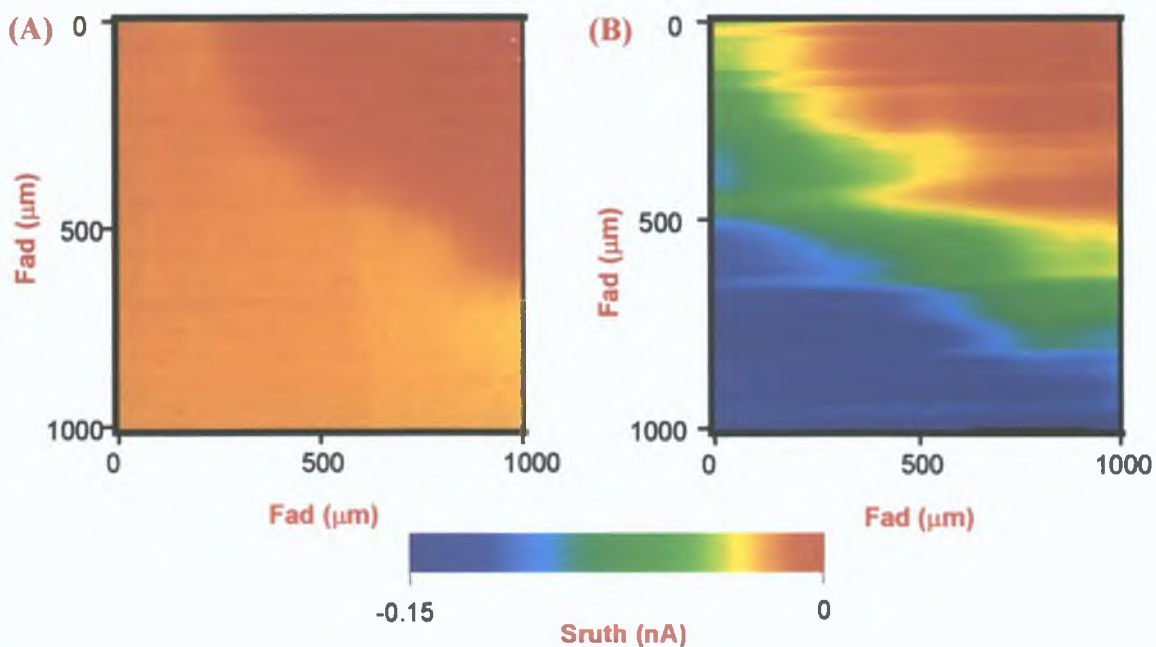
Figiúr 5.11: (A) Speictream SFX carbóin 1s do LSP clúdaithe le SRF/PANI/PVS.



Figiúr 5.11: ar leanúint. Speictrim SFX nítrigine 1s (B) agus ocsaigine do LSP clúdaithe le SRF/PANI/PVS.

5.2.1.4 Anailís mhicreascópach leictriceimiceach scanachána de chisil phróitéine

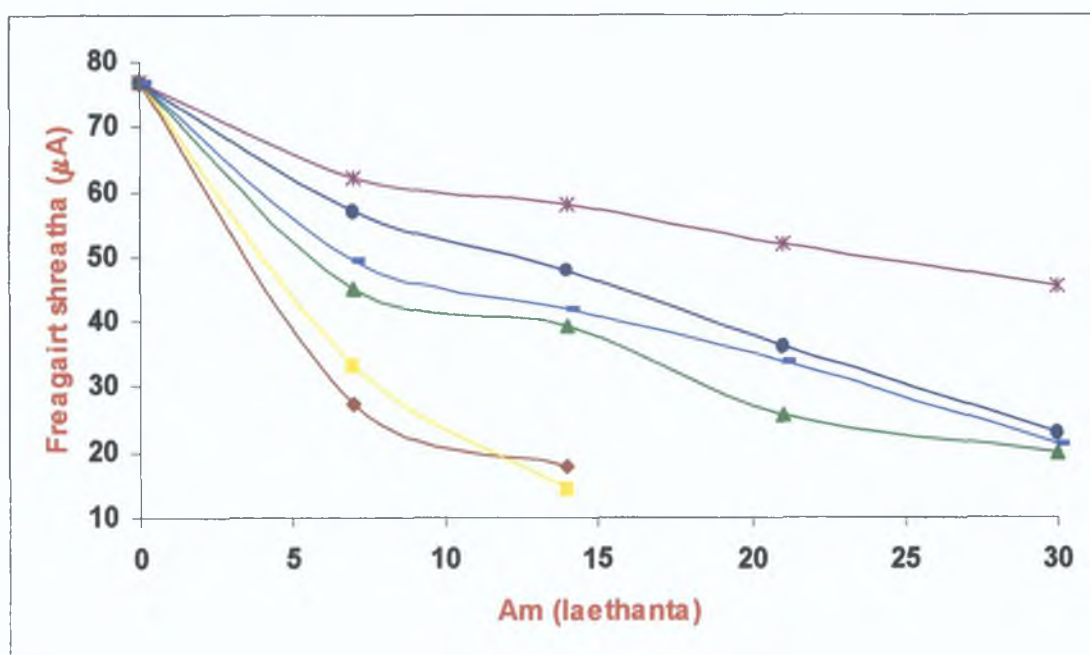
Baineadh na tomhais MLCS amach chun íomhánna dinnseanchaithe bunaithe ar leictriceimic a ghineadh ar SRF doghluaiste le LSP mionathruithe le PANI/PVS. Bhí na íomhánna bunaithe ar thomhais a ghineadh de bharr an imoibriú idir ceimicí a ghineann leictriceimic (MAF agus H_2O_2) sa fheadán ribeach gloine a chuireadh trasna dromchla na leictreoid. Cé gur ghineadh an imoibriú ag barr an fheadáin ribeach amháin, d'fhéadfadh an leictriceimic chúlra de bharr imoibrithe sheacanta a laghdú níos mó ná mar a bhainfeadh amach le córas feiste luchtchúpláilte (FLC) coitianta [180-181]. Bhí an córas tomhais a úsáideadh léirithe cheana féin i *bhFigiúr 2.8*. Baineadh íomháu MLCS amach ar achar 1 mm x 1 mm de dhromchla LSP clúdaithe le SRF/PANI/PVS, le cuid bheag den scannán einsíme air. I dturgnaimh smachta a bhaineadh amach in easnamh H_2O_2 , níor bhrathadh aon SRF, mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.12(A)*. Ach nuair a chuireadh 0.5 M H_2O_2 leis an gcóras áfach, gineadh MFA^+ agus táirgeadh íomhá MLCS soiléir, mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.12(B)*. Níor bhaineann an íomhá MLCS seo le gníomhaíocht an scannáin einsíme, ach le dinnseanchas an scannáin. De bharr na méideanna móra a bhain leis na samplaí, níorbh fhéidir íomháu MLCS a bhaint amach ar an imoibriú einsíme.



Figiúr 5.12: Íomhánna MLCS de leictreoidí PANI/PVS clúdaithe le 0.625 mg/ml SRF. Ba iad na tiucháin H_2O_2 sa thuaslagán ná (A) 0 agus (B) 0.5 mM. Scanadh an mhicrileictreoid charbóin (trasthomas 10 μm) ag 50 $\mu\text{m/s}$.

5.2.1.5 Cobhsaíocht an bhraiteora

Tugadh tuairisc orthu cheana féin gur choinnigh braiteoirí SRF/PANI/PVS a ngníomhaíocht ar feadh 3 sheachtain nuair a chuireadh iad ar stór ag 4 °C i dTMF, pH 6.8 [141]. Baineadh fiosrú níos cruinne amach ar chobhsaíocht na mbraiteoirí SRF/PANI/PVS i raon de mheáin agus ag raon de theochtaí chun an modh stórála is optamú a fháil. Rinneadh na fiosrúcháin ar chobhsaíocht braiteoirí SRF/PANI/PVS faoi na coinníollacha turgnaimh chéanna ná mar a rinneadh leis na leictreoidí PANI/PVS (Mír 4.2.1.5), mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.13*.

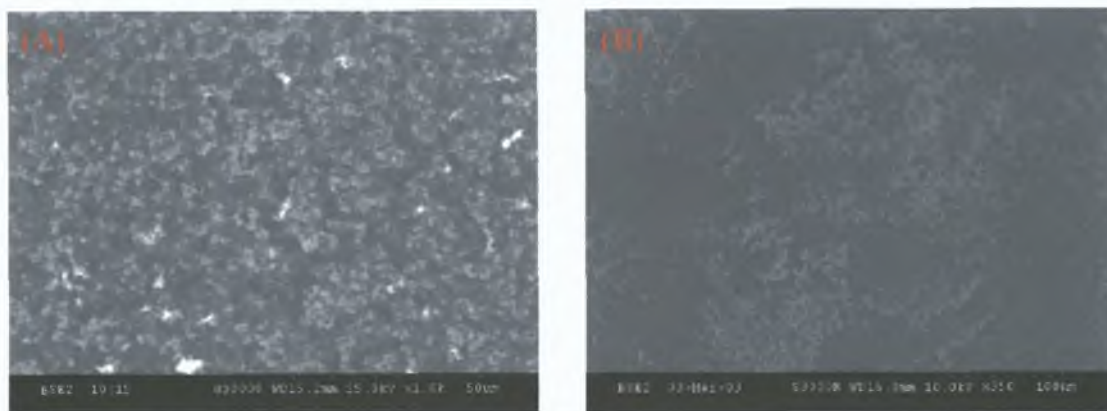


Figiúr 5.13: Cobhsaíocht stórála de bhraiteoirí SRF/PANI/PVS a thaispeánann na laghdaithe i bhfreagairtí shreatha chatalaíocha a tharla nuair a bhaineadh úsáid astu tar éis aon mhí amháin ar stór faoi choinníollacha timpeallachta éagsúla; 24 °C i dTMF, pH 6.8 (dearg), tirim ag 24 °C (bui), tirim ag -20 °C (glas), 4 °C i dTMF, pH 6.8 (bángthorm), tirim ag 4 °C (dúghorm) agus i dtimpeallacht aeir sháinithe de TMF, pH 6.8 ag 4 °C (corcra).

Thaispeáin leictreoidí a chuireadh ar stór ag teocht an tseomra i maolán TMF, pH 6.8 agus in aeir faoi seach, laghdaithe móra sna freagairtí tar éis am gearr d'aon sheachtain amháin agus mar sin de, níor bhaineadh úsáid astu a thuilleadh mar chórais

stórála. Maidir le braiteoirí a chuireadh ar stór i maolán, d'fhéadfadh go raibh idirleath de phróitéin de na dromchlaí PANI/PVS freagrach as na laghdaithe seo, fachtóir gur cruthaíodh tríd an fhoshraith ODF a chur leis an tuaslagán stórála maoláin. Ghineadh idirghníomh dathmhéadrach nuair a chuireadh an fhosraith leis na maoláin stórála, de bharr an imoibriú idir an fhoshraith agus SRF a dhí-asaíodh ó dhromchla na leictreoidí. Ar an gcuma chéanna, níor choinnigh leictreoidí a chuireadh ar stór in aeir ag $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a leictrighníomhaíochtaí ar feadh níos mó ná 2 sheachtainí. Rinneadh iarrachtaí chun braiteoirí SRF/PANI/PVS a shiocriú ach níor éiríodh leo. Ach d'fhéadfadh go raibh laghdú i leictrighníomhaíocht an chisil PANI/PVS faoi choinníollacha thar mean, freagrach as sin, cé go raibh aschuir aimpéarmhéadracha laghdaithe ag baint le leictreoidí PANI/PVS faoi na coinníollacha seo. Bhí freagairtí do bhraiteoirí SRF/PANI/PVS a chuireadh ar stór ag $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ níos fearr ná iad, ach laghdaíodh iad go 30% den ré bhraiteora tar éis 3 sheachtainí. Bá é an coinníoll stórála is optamú ná timpeallacht bogthaise i maolán sáinithe ag $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, a ghineadh tríd an braiteoir a chur i soitheach dúnta le séala ina raibh focas cadáis fliuch báite le TMF ann. Tar éis 30 laethanta, ghin braiteoirí a chuireadh ar stór sa timpeallacht seo, ca. 60% dá dtúsfreagairtí, thart ar dhá oiread níos mó ná mar a ghin leictreoidí a chuireadh ar stór go tirim ag an teocht seo.

Rinneadh fiosrú ar chobhsaíocht braiteoirí a chuireadh ar stór le poitéinseal buan curtha thar dromchla na leictreoidé chomh maith, tríd an braiteoir a chur leis an gciorcad coibhéiseach a léiríodh i *bhFigiúr 2.3*. Choimeád an ciorcad seo poitéinseal deimhneach thar dromchla na leictreoidé oibre i dtaca le leictreoid chúntach, ag déanamh aistriú ar na buncoinníollacha doghluaiste. Ansin cuireadh an leictreoidé i soitheach dúnta le seala agus cuireadh ar stór iad ag na coinníollacha optamaithe (sé sin, timpeallacht sáithithe le maolán ag $4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tá íomhánna LSM de leictreoidí clúdaithe le $0.625\text{ mg/ml } \alpha\text{-GCD-}\beta\text{ Ab}$ comhchuingthe le collóideacha óra, a chuireadh ar stór ar feadh aon mhí amháin faoi na coinníollacha seo, leis agus gan an ciorcad coibhéise a úsáid, léirithe i *bhFigiúirí 5.14(A)* agus *(B)* faoi seach. Mar atá soiléir ó na íomhánna seo, bhí níos mó próitéin le feiceáil ar leictreoidí a chuireadh ar stór leis an gciorcad coibhéise ná mar a bhí le feiceáil ar leictreoidí a chuireadh ar stór gan an ciorcad a úsáid faoi na coinníollacha chéanna, a thaispeán nár tharla an chuid is mó de dhí-asúchán nuair a chuireadh an poitéinseal deimhneach leis na leictreoidí.



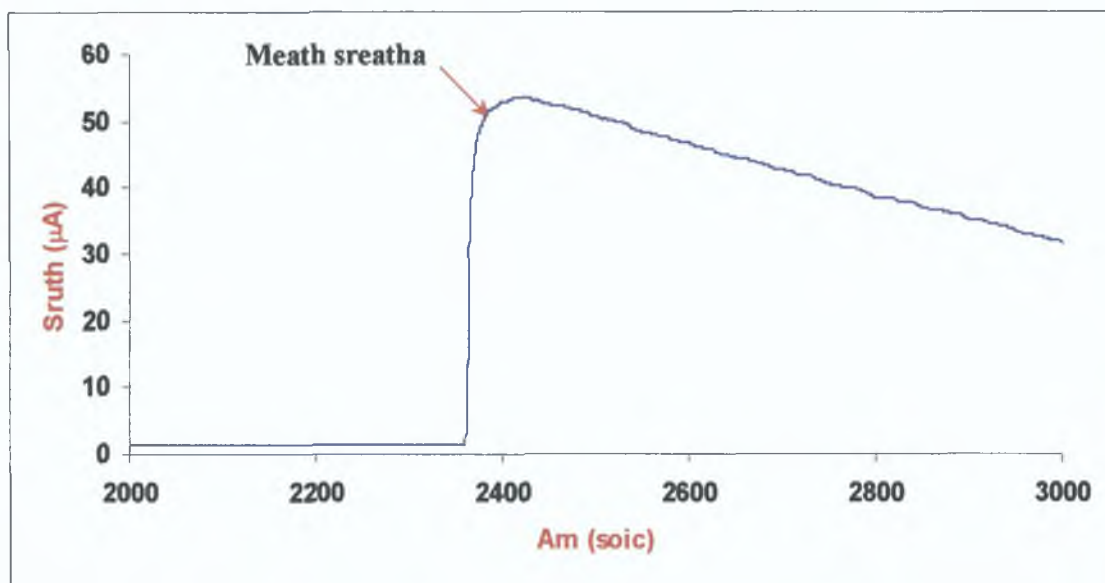
Figiúr 5.14: Íomhánna LSM de leictreoidí PANI/PVS clúdaithe le 0.625 mg/ml α -GCD- β Ab collóideacha óra leis (A) agus gan (B) an ciorcad cóibhéise a úsáid (1,000 & 350 x formhéadaithe, modh brathóra LCS).

Tháirg braiteoirí SRF/PANI/PVS a ullmhaíodh leis an tiúchán 0.625 mg/ml chéanna de phróitéin, aschuir aimpéarmhéadracha de $54 \mu\text{A}$ ($\pm 4 \mu\text{A}$), tar éis iad a chur ar stór leis an gciordad cóibhéise ar feadh aon mhí amháin. Bhí sé seo i gcontrárthacht leis na freagairtí de $28 \mu\text{A}$ ($\pm 4 \mu\text{A}$) a tháirg braiteoirí a chuireadh ar stór ar feadh an t-am chéanna gan an ciorcad a úsáid ($n = 3$). Bhí sé seo de réir laghdú 30% i bhfreagairtí bhrathóireacha gan an ciorcad a úsáid. Thaispéan an laghdú 30% seo go raibh próitéin fós á dhíthiomsú ó dhromchlaí shamplacha, fiú amháin tar éis poitéinseal seasmhach a chur leo. Ach d'fhéadfadh an ceann is fearr a fháil ar seo trí mhionathruithe a bhaint amach ar an gcóras seo, cé gur thugadh faoi deara nach raibh na ceallraí 1.5 V a úsáideadh sa dhearcadh ciorcaid fós ag obair tar éis mí amháin. D'fhéadfadh go raibh an teocht stórála (4°C), a bhí riachtanach chun gníomhaíocht na bpróitéine a choimeád buan, freagrach as seo. D'fhéadfadh nach ngéilleadh gléas le insliúcháin níos fearr ag baint leis, do na tionchair thimpeallachta seo.

5.2.1.6 Foinse an mheath sreatha

Le linn na turgnaimh foistine, tugadh meatha sreatha meandracha faoi deara tar éis dóibh a gcomharthaí chatalaíocha is uasta a bhaint amach. Bhain na meatha seo le gach tomhas, gan bacadh leis an anailít faoi fhiosrú, nádúr na próitéine doghluaisithe

(sé sin, Ab nó einsím), comhshuíomh na leictreoidé oibre (sé sin, LCG nó LSP), nó cruth an thomais (sé sin, baiscé nó sreabha). Tá aimpéaragram a ghineadh do bhraiteoir SRF/PANI/PVS ar LCG, a thaispeánann meath sreatha tipiciúil, léirithe i *bhFigiúr 5.15*. Cé go bhíodas ag súil le meath sreatha níos céimsí mar a thugadh tuairisc orthu roimhe seo do thomhais le córas cosúil leis an gceann seo (Antóin Ó Coileárd, Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, teagmháil pearsanta), rinneadh fiosrú ar fhoinsé an mheath seo. Ceapadh go raibh baint amach frithiana den scannán PANI seo le linn na tomhaise seo, nó dí-próitéiniú Ab nó einsím ón scannán PANI, freagrach as an meath seo. Cuireadh an chéad theoiric as an áireamh cé gur fios nach tharlaíonn dí-dópáil ar PVS ach amháin dá mhéadaíodh an pH go luachanna níos airde ná pH 8 or 9 (Leon Ó Catháin-MacUidhir, Ollscoil Wollongong, teagmháil pearsanta). Dá bhrí sin, baineadh fiosrúcháin amach ar dhí-próitéiniú na scannáin seo.

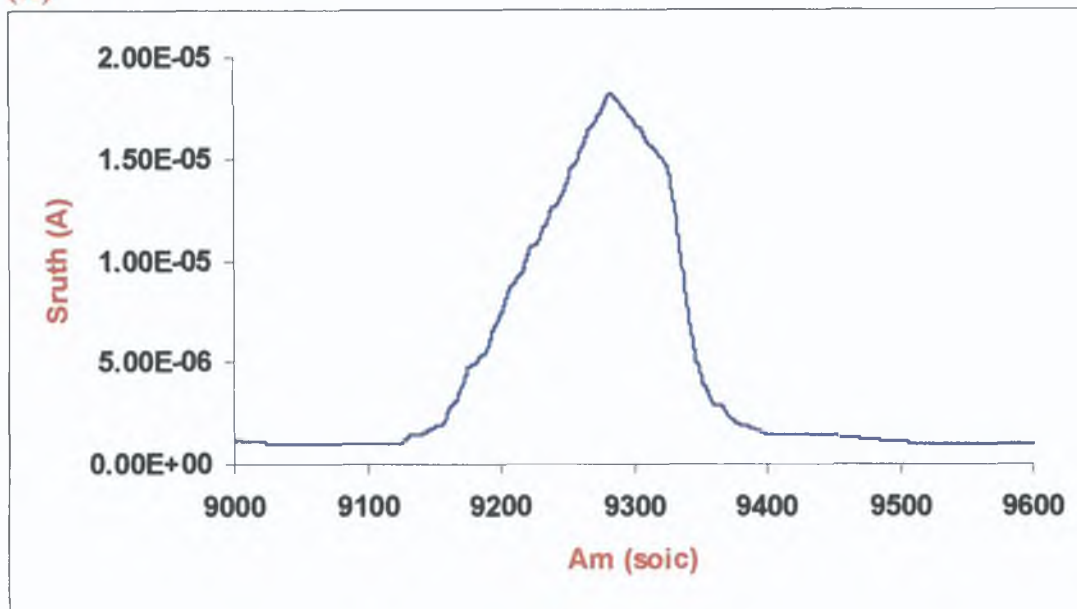


Figiúr 5.15: Aimpéarmhéadagram tipiciúil do bhraiteoir SRF/PANI/PVS, a thaispeánann an dearadh meatha sreatha do thurgnaimh aimpéarmheadracha (~ 100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

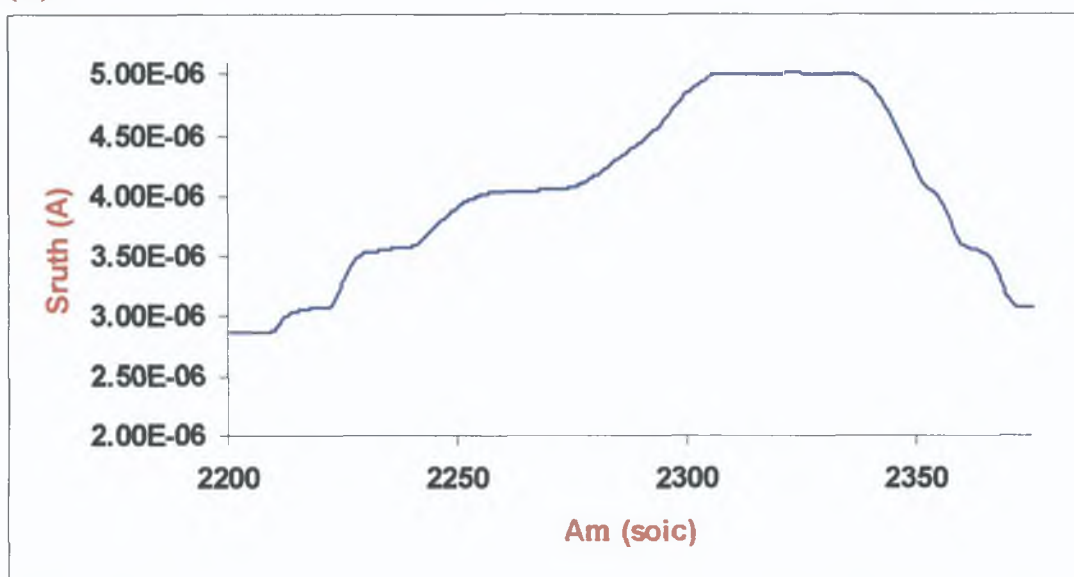
Coisceadh dromchla na leictreoidí le ASB ag an tiúchán optamaithe de 0.625 mg/ml agus cuireadh sreath maoláin tharastu i gcóras ASI ar feadh 150 nóiméid. Ansin, cuireadh meascán de 8 mM H₂O₂ agus 0.625 mg/ml SRF leis an gcóras agus ghin sé sin freagairt shreatha chatalaíoch, mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.16(A)*. Bhí an

fhreagairt seo níos méadaí ná na bhfreagairtí a ghineadh nuair a chuireadh an sampla chéanna leis an leictreoid tar éis 35 nóiméid, mar atá léirithe i *bhFigiúr 5.16(B)*. Baineadh aschuir chatalaíocha níos mó amach tar éis 150 nóiméid ($16\text{ }\mu\text{A}$) ná mar a ghineadh tar éis 35 nóiméid ($2\text{ }\mu\text{A}$).

(A)



(B)



Figiúr 5.16: Tionchair dhíphróitéine dromchla ASB/PANI/PVS a chruthadh trí nasctha leictreastatach (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Tháirg meascáin de $8\text{ mM H}_2\text{O}_2$ agus 0.25 mg/ml SRF freagairtí shreatha mhéadaithe de réir amanna tar éis 9,000 (A) agus 2,200 (B) soicind.

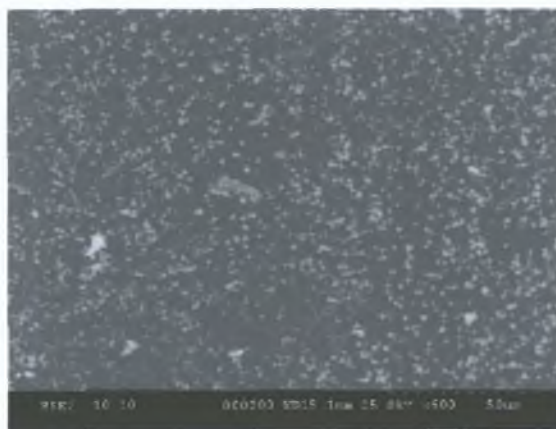
Cé gur cheart go mbeadh dromchla na leictreoidé blocáilte go héifeachtach le ASB ag tiúchán de 0.625 mg/ml, níorbh fhéidir ach díthiomsú ASB den chnámh droma polaiméire le linn an turgnaimh a bheith freagrach as na sruthanna seo. Níor thugadh an díthiomsú seo faoi deara ach tar éis 150 nóiméid de shreibe foshraithe. Níor tharla aon dhí-próitéiniú tábhachtach ag amanna níos lú ná iad agus ceapadh go raibh an méadú sreatha de 2 μ A suarach. Ceapadh go raibh an nascadh leicreastatach lag idir an phróitéin agus an pholaiméir freagrach as na éifeachtaí dí-próitéinithe seo. Nuair a chuireadh tuaslagáin corraithe nó sreabtha leo ar feadh tréimhsí fhada, láistíodh próitéin de na scannáin pholaiméireacha thacaithe. Dá bhrí sin, rinneadh fiosrú ar mhodhanna úra chun doghluaiseacht próitéine a bhaint amach, a d'fhéadfadh modh níos cobhsaí a ghineadh chun próitéin a nascadh leis an gcnámh droma PANI/PVS.

Rinneadh iarrachtaí ar mhodhanna chun cúpláil comhfhiúsach a bhaint amach ar na heinsímí leis an scannán PANI/PVS, trí chúpláil EDC/NHS agus comhpholaiméiriú nódaíthe le aigéad aicrileach, mar a thugadh cúntais orthu sa litríocht [182-183]. Níor éirigh leo áfach, cé gur ghineadh freagairtí shreatha chatalaíocha i bhfad níos lú sna haschuir bhraiteora dheirneigh (níl na torthaí ar thaispeáint anseo). Trí pholaiméir mhionathruithe le grúpaí fheidhmeacha oiriúnacha, a bheadh oiriúnach do ghreamú comhfhiúsach a bhaint amach ar phróitéiní, a úsáid in ionad PANI, d'fhéadfaí an ceann is fearr a fháil ar na fabhbanna seo sa todhchaí. Tá cur síos déanta sna míreanna seo leanas ar thorthaí do nósanna do-ghluaiseachta asúite agus tras-nasctha, a bheadh inchurtha in oiriúint don chóras polaiméire i gcursaíocht.

5.2.2 Ullmhúchán ar bhraiteoirí trí úsáid a bhaint as asúchán fisiceach

Is é asúchán fisiceach de SRF do leictreoidí PANI/PVS ag PCO, an modh doghluaiseacht is simplí, cé nach mbíonn poitéinseal seachtaracha nó gníomhú doghluaiseacha ceimiceach ag teastáil. Maidir leis na freagairtí aimpéarmhéadracha a ghineadh leis na braiteoirí seo, de gnáth bhí siad níos lú ná na freagairtí a ghineadh ó bhraiteoirí a ullmhaíodh trí dhoghluaiseacht leicreastatach leictriceimiceach, mar ghin braiteoirí a ullmhaíodh le 0.5 mg/ml SRF freagairtí de ca. 36 μ A ($\pm$ 8 μ A) i

gcomparáid le ca. $53 \mu\text{A}$ ($\pm 3 \mu\text{A}$) do bhraiteoirí a ullmhaíodh go leictreiceimiceach (déanfar cur síos níos cruinne ar seo i Mír 5.2.4). Bhí na luachanna earráide níos airde do bhraiteoirí a ullmhaíodh trí mhodh asúcháine, a thaispeáin go raibh léibhéil dhifriúla á n-asú do gach leictreoid faoi leith. Ach ní raibh difríochtaí mar seo soiléir go díreach ó na hiomhánna LSM. Tá íomhá tipiciúla de dhromchla PANI/PVS mionathruithe le $\alpha\text{-GCD-}\beta\text{ Ab}$ -collóideach óir a ullmhaíodh le 45 nóiméid d'asúchán fisiceach léirithe i *bhFigiúr 5.17*.

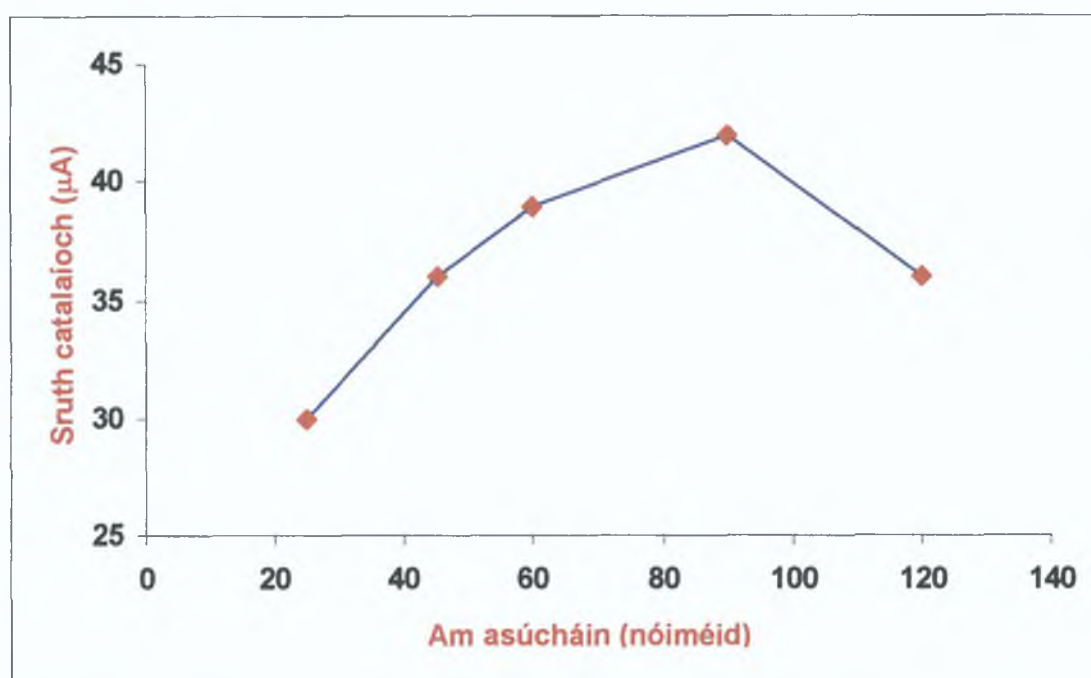


Figiúr 5.17: Íomhá LSM de dhromchla PANI/PVS mionathruithe le 0.625 mg/ml $\alpha\text{-GCD-}\beta\text{ Ab}$ -collóideach óir, trí úsáid a bhaint as nós doghluaiste asúite go fisiceach (600 x formhéadú, modh brathóra LCS).

I gcomparáid leis an dromchla a ullmhaíodh le nascadh leictreastatach (*Figiúr 5.7(D)*), do-ghluaiseadh léibhéil níos lú de Ab sna cásanna seo. Bhí sé seo i gcomhchoibhneas leis na haschuir aimpéarmhéadracha a ghineadh leis na braiteoirí seo. Chomh maith le sin, ní raibh an chuid is mó de chomhbhailiúcháin ag baint le braiteoirí a ullmhaíodh trí mhodh asúchána agus bhain dáileadh níos cothroime de phróitéin leis na dromchlaí bhraiteora seo.

Rinneadh fiosrú ar an tionchar a bhí ag am na hasúchána ar na haschuir aimpéarmhéadracha (*Figiúr 5.18*) trí bhraiteoirí a ullmhú do raon de 25 nóiméid (am do-ghluaiste do dho-ghluaiseacht leictreastatach) go 120 nóiméid. Méadaíodh na freagairtí le méadaithe san am asúcháin suas go 90 nóiméid. Ach méadaithe íosta ab ea na méadaithe seo, cé nach raibh ach difríocht de $6 \mu\text{A}$ san aschur sreatha idir

braiteoirí a ullmháíodh le 45 nóiméid do-ghluaiseacht agus iad a ullmháíodh le 90 nóiméid do-ghluaiseacht. Meastar go raibh na méadaithe seo neamhthábhachtach maidir leis na hamanna ullmhaithe breise a bhí ag teastáil. Ag amanna asúchána níos mó ná 90 nóiméid, laghdaigh na freagairtí beagánín, ó $42\ \mu\text{A}$ go $36\ \mu\text{A}$. D'fhéadfai sárlíonadh d'einsím ar dhromchla na leictreoid de réir ama a chur síos le seo. D'fhéadfadh go raibh an sárlíonadh seo freagrach as éifeachtaí bhaic steireacha nó rátaí níos lú de thraschuir leictreoin, mar a tharla le tiúchán níos airde d'einsímí le nósanna do-ghluaiseacha leictriceimiceacha. Rognaíodh am asúcháin optamach de 45 nóiméid, cé gur ghin 25 nóiméid de dho-ghluaiseacht aschuir a d'fhéadfai a bhrath trí shlí sách oiriúnach.



Figiúr 5.18: Tionchar an t-am asúcháin ar na haschuir shreatha chatalaíocha do bhraiteoirí SRF/PANI/PVS ($-100\ \text{mV}$ i dtaca le Ag/AgCl).

Nuair a chuireadh na leictreoidí SRF/PANI/PVS a ullmháíodh leis an modh asúcháin do-ghluaiseachta seo leis an gcóras ASI, laghdaíodh na freagairtí i gcomparáid leis na freagairtí a bhaineadh amach leis an gcill bhaisce. Mar shampla, maidir le leictreoid a ullmháíodh le am asúcháin de 45 nóiméid, ghin braiteoir a chuireadh leis an gcill shreatha freagairtí de ca. $24\ \mu\text{A}$, i gcomparáid le ca. $36\ \mu\text{A}$ do bhraiteoirí a chuireadh leis an gcill bhaisce. Feictear nach raibh an nascadh níos laige

d'einsím le scannáin PANI/PVS leor chun seasamh in aghaidh an sreabh sreatha de mhaoláin agus samplaí a chuireadh trasna dromchla an bhraiteora agus go raibh an fórsa comhiomprach seo freagrach as díthiomhsú próitéin de na scannáin pholaiméireacha seo. Maidir lena gcumais stórála fad-théarmacha, nuair a chuireadh na braiteoirí a ullmhaíodh leis an modh asúcháin ar stór i maolán TMF, ghin an maolán chéanna freagairtí dhathmhéadracha nuair a chuireadh an fhoshraith ODF leo, rud a thaispeán gur idirleath SRF ó dhromchla na leictreoidí isteach sa thuaslagán de réir ama. Dhealródh an scéal go raibh na einsímí i mbraiteoirí a ullmhaíodh trí dhópáil a dhéanamh, nasctha níos chúinge leis an gcnámh droma polaiméireach ná mar a bhí sna braiteoirí a ullmhaíodh trí asúchán a dhéanamh. Ina dhiaidh sin, bhí na rátaí dhí-asúcháine níos lú sna cásanna dópála. Déanfar plé níos cruinne ar seo i Mír 5.2.4.

5.2.3 Ullmhúchán ar bhraiteoirí trí úsáid a bhaint as trasnascadh

Tá críochaimíní ag baint le PANI a d'fhéadfaí a úsáid chun idirghníomhaithe thrasnasctha a dhéanamh leis na haimíní chomhfhgreagracha de phróitéiní, trí úsáid a bhaint as glútairaildéad mar oibreán trasnasctha [184]. Is féidir polaiméiriúcháin a dhéanamh ar ghlútairaildéad go furasta trí é a chur i láthair na próitéine a dhéanann sé trasnasctha uirthi [150]. Tá braiteoirí α -SRF agus α -bitine ullmhaithe cheana féin ar scannáin pholaiméireacha rédoicse bunaithe ar oismian trí úsáid a bhaint as an modh do-ghluaiseachta seo [121, 150]. San obair seo, scrúdaíodh dhá mhodhanna trasnasctha le glutairaildéad; do-ghluaiseacht bunaithe ar thuaslagán trí ghlútairaildéad leachtach a bhraonchlúdú ar dhromchlaí leictreoidé mhionathruithe le SRF agus do-ghluaiseacht trí leictreoidí mhionathruithe le SRF a nochtú le atmaisféar de ghal ghlútairaildéadach.

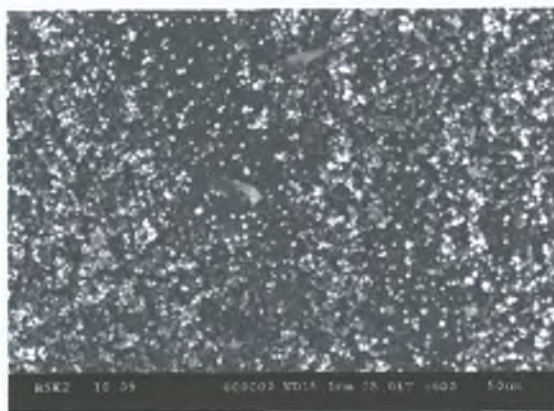
Maidir le do-ghluaiseacht bunaithe ar thuaslagán, deascadh tuaslagán glutairaildéadach agus SRF ar dhromchla leictreoid clúdaithe le PANI/PVS, maidir le Mír 2.3.6.3.1. Tá íomhá LSM de dhromchla PANI/PVS mionathruithe le α -GCD- β Ab-collóideach óir a ullmhaíodh trí thrasnasctha bunaithe ar thuaslagán a dhéanamh, léirithe i *bhFigiúr 5.19*. I gcomparáid le dromchla a ullmhaíodh trí úsáid a bhaint as nascadh leictreastatach, a thaispeánadh cheana féin i *bhFigiúr 5.7(D)*, do-ghluaisíodh

leibhéal níos lú de Ab sa chás seo. Bhí sé seo comhfhreagrach as na aschuir aimpéarmhéadracha laghdaithe a ghineadh nuair a rinneadh comparáid idir an dá bhraiteoir (pléfar é seo níos déanaí i Mír 5.2.4).



Figióir 5.19: Íomhá LSM de dhromchla mionathruithe le PANI/PVS clúdaithe le 0.625 mg/ml α -GCD- β Ab-collóideach óir trí úsáid a bhaint as nós doghluaiste trasnasctha bunaithe ar thúaslagán glútaraildéid (1,500 x formhéadaithe, modh brathóra LCS).

Maidir le do-ghluaiseacht bunaithe ar ghal, cuireadh leictreoid SRF/PANI/PVS isteach in atmaisféar sáithithe ag gal ghlútaraildéid, maidir le Mír 2.3.6.3.2. Tá íomhá LSM de dhromchla PANI/PVS mionathruithe le α -CDG- β Ab-collóideach óir a ullmhaíodh trí dho-ghluaiseacht glútaraildéid a dhéanamh, léirithe i *bhFigióir 5.20*. I gcomparáid leis an dromchla a ullmhaíodh trí úsáid a bhaint as nascadh leictreastatach, a thaispeánadh cheana féin i *bhFigióir 5.7(D)*, do-ghluaisíodh leibhéal cóimheadta de Ab sa chás seo. I gcomparáid le braiteoirí a ullmhaíodh trí thrasnasctha bunaithe ar ghal a dhéanamh, ní raibh an chuid is mó de chomhbhailiú le feiceáil maidir le braiteoirí bunaithe ar thúaslagán. Feictear gur thug an t-atmaisféar sháinithe le glútaraildéad deis chun achar níos mó den dhromchla a noctadh leis an oibreán trasnasctha, cé go raibh trasnasctha níos lócáilte i dtrasnaisc bunaithe ar thúaslagán. Cé gur thaispeánann *Figióirí 5.19* agus *5.20* gur do-ghluaisíodh dáileadh flúirseach de phróitéiní trí nósanna trasnasctha a bhaint amach, níor ghin na braiteoirí sin aschuir shreatha chatalaíocha níos airde, mar a thaispeántar sa mhír seo leanas.

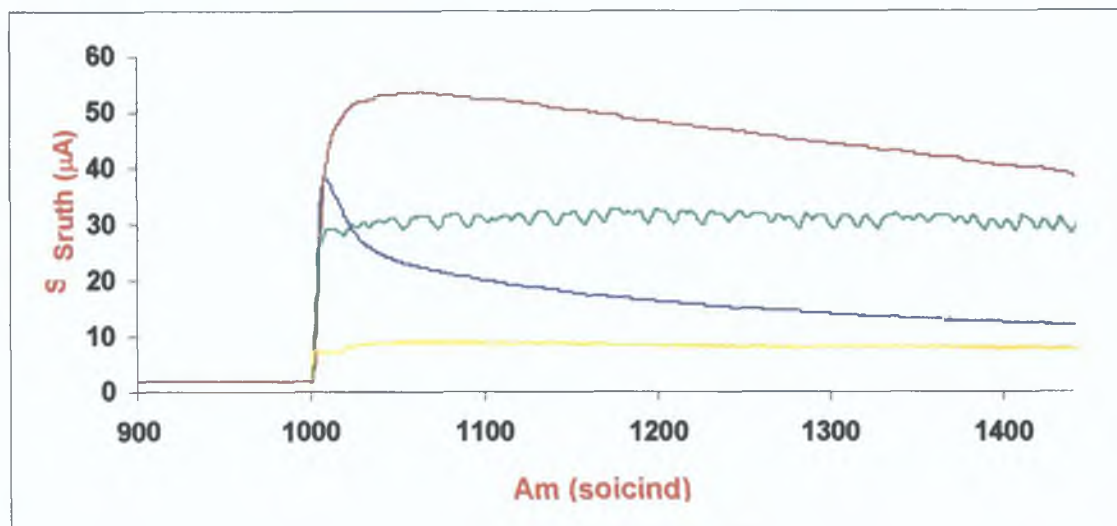


Figiúr 5.20: Íomhá LSM de dhromchla mionathruithe le PANI/PVS clúdaithe le 0.625 mg/ml α -GCD- β Ab-collóideach óir trí úsáid a bhaint as nós doghluaiste trasnasctha bunaithe ar ghal glútaraildéid (600 x formhéadaithe, modh brathóra LCS).

5.2.4 Comparáid idir na nósanna do-ghluaiseachta

Cé gur laghdaíodh na aschuir aimpéarmhéadracha sa dhá chás de bhraiteoirí a ullmhaíodh trí thrasnascctha a dhéanamh, ní raibh an meath sreatha foistíne chomh suntasaí ná mar a thugadh faoi deara le braiteoirí a ullmhaíodh le nósanna do-ghluaiseachta asúchána nó leictreastatacha, mar atá léirithe i bhFigiúr 5.21. Maidir leis na haschuir shreatha chatalaíocha uasta, laghdaíodh iad san órd seo leanas; leictreastatach ($52.6 \mu\text{A}$) > asúchán ($35.90 \mu\text{A}$) > trasnascadh bunaithe ar thuaslagán ($30.80 \mu\text{A}$) > trasnascadh bunaithe ar ghal ($7.30 \mu\text{A}$). Cé gur thaispéan íomhánna LSM gur do-ghluasaíodh léibhéil de phróitéin inchomparáide do bhraiteoirí a ullmhaíodh go leictreastatach agus braiteoirí a ullmhaíodh go trasnascach, chuir nádúr an nóise do-ghluaiseachta isteach ar ghníomhaíocht na heinsímí próitéine SRF. D'fhéadfadh gur clúdaíodh pola(glútaraildéad) cuid den phróitéin agus gur chuir sé sin cosc ar fhoshraith a thaisteal chuig na láthair ghníomhaithe einsímí. D'fhéadfadh gur chuireadh blocáil ar na láthair ghníomhaithe de na heinsímí chomh maith, trí naisc a dhéanamh idir na grúpaí aimíne na haimínaigéadagcha lisín ar dhromchla na heisíme [185]. No de rogha air sin, d'fhéadfadh gur cruthaigh an tras-nascóir bac idirleata breise, a mhéadaigh na raonta idir na láthair ghníomhaithe agus dromchlaí na

leictreoidí. Tá a thuilleadh carachtaracht ag teastáil chun an míbhuntáiste seo a thuiscint agus a shárú.



Figióir 5.21: Freagairtí aimpéarmhéadracha do bhraiteoirí SRF/PANI/PVS a ullmháíodh trí dhoghluaiseacht leictreastatach (dearg), asúchán fisiceach (gorm), trasnasctha fasacha-tuaslagáin (glas) agus trasnasctha fasacha-gaile (buí) (–100 mV i dtaca le Ag/AgCl).

Laghdaigh an ráta meatha do na ceithre fhreagairtí de réir an órd seo leanas; asúchán > nascadh leictreastatach > thrasnascadh bunaithe ar ghal > thrasnascadh bunaithe ar thuaslagán. Tháirg na freagairtí mheatha do bhraiteoirí a ullmháíodh le thrasnascadh bunaithe ar thuaslagán freagairtí thorannacha. Ní fios cad ba chúis le sin, ach d'fhéadfadh go raibh fadhbanna maidir le traschuir-maise síos leis, le bac curtha ar thaisteal na foshraithe go dtí einsím thrasnasctha le scannáin PANI/PVS. Laghdaíodh na rátaí mheatha don dhá nós do-ghluaiseachta go mór i gcomparáid leis na nósanna leictreastatacha agus asúchána. Tar éis 400 soicind, laghdaíodh na freagairtí d'asúchán go 30% dá luach uasta, laghdaigh na freagairtí do nascadh leictreastatach go 74%, do thrasnascadh bunaithe ar ghal go 83% agus do thrasnascadh bunaithe ar thuaslagán do 93% dá bhfreagairtí uasta. D'fhéadfadh go raibh fuinneamh na hidirghnímhe thrasnasctha freagrach as seo, a laghdaigh na rátaí dhí-asúchána de na scannáin PANI/PVS. D'fhéadfadh gur chuirfí a thuilleadh fiosrú ar na gníomhachtaí phróitéine a chosaint, nós do-ghluaiseachta ar fáil a d'fhéadfaí

braiteoirí a tháirgeadh gur féidir leo seasamh in aghaidh sreabh samplach agus stórála fadtréimhseach. Tá an dá nósanna do-ghluaiseacha fasach-tuaslagáin agus fasachgaile oiriúnach do dho-ghluaiseacht baise, tosaíocht eile d'olltáirgeadh gléasanna brathóra.

5.3 TÁTAIL

Cuireadh na LSP a fhorbraíodh i gCaibidil 3 in oiriúint do bhraiteoir den thríú glúin a bhain úsáid as na scannáin PANI/PVS sheoltacha a thugadh cuntais orthu i gCaibidil 4. Bhí tiúcháin de ca. 0.6 mg/ml de phróitéin optamaithe chun na braiteoirí is mothálaí maidir le aschuir aimpéarmhéadracha a tháirgeadh. D'fhéadfadh gur ghlac éifeachtaí bhaic steireacha páirt i mbac a chur ar thaisteal na foshraithe go heinsímí a bhí suite gar do dhromchlaí na leictreoidí. Trí úsáid a bhaint as teicníochtaí le lipéid-óra agus cúrsaí bhrathóra LCT le LSM, chonacthas gur do-ghluaisíodh próitéiní le dromchla na leictreoidí, le léibhéil mhéadaithe ag tiúcháin níos mó. Tháirg tomhais MCLS, MFA agus SFX a thuilleadh eolais faoi nádúr na hidirgníomhaithe leictreastatacha seo. Bhí éifeachtaí dhí-próitéine freagrach as na meatha sreatha a tharla, d'ainneoinn an cruth turgnamhach nó an fhoshraith leictreoide, le próitéin á scoir ó na dromchlaí PANI/PVS de réir ama, is dócha de bharr na idirgníomhaithe laige idir na próitéiní agus an scannán polaiméire. Bhí na braiteoirí seo is cobhsaí nuair a chuireadh iad ar stór i dtimpeallacht bhogthaise de TMF ag 4 °C agus bhí beagnach 60% dá ngníomhaíocht fós ag baint leo tar éis aon mhí amháin ar stór i dtimpeallacht mar seo. Tríd na braiteoirí a chur le ciorcad coibhéiseach, ina choiméadadh buanphoitéinseal deimhneach thar dhromchla na leictreoide, baineadh feabhsú dá oiread den chobhsaíocht sin amach. Ach bhí laghdaithe gníomhaíochta 30% fós ann, de bharr dí-asú próitéin ó dhromchla an bhraiteora. Cé nach raibh oibreáin eile ag teastáil do na nósanna do-ghluaiseachta leictreastatacha, tá a thuilleadh staidéir ag teastáil faoi modhanna chun an cobhsaíocht stórála a choinneáil, má tá úsáid le baint as na leictreoidí mhionathruithe le próitéin d'anailís fhadtréimhseach.

Níor éirigh le fiosruithe ar indéantacht nósanna do-ghluaiseachta eile san obair seo, cosúil le trí chomhpholaiméiriúcháin nóadaithe le aigéad aicrileach agus trí

chúpláil EDC/NHS. I gcodarsnacht le modhanna do-ghluaiseachta eile, bá é asúchán an modh is simplí agus is saoire chun do-ghluaiseacht próitéine a bhaint amach agus ba é an modh neamhchlaonta do dhínádúrtha einsíme freisin. Ach fós bhí fadhbanna maidir le idirleata samplaí phróitéine isteach sna tuaslagáin shamplacha agus dá bhrí sin, ní cheart go mbainfeadh úsáid as an nós do-ghluaiseacha seo nuair atá ré fada de bhraiteoirí bunaithe ar PANI/PVS ag teastáil. Tháirg trasnascadh trí úsáid a bhaint as glútaraildéad, braiteoirí ina raibh an phróitéin nasctha trí shlí níos láidre do na cnáimh droma polaiméireacha, cé gur laghdaiodh na aschuir chatalaíocha. Ba cheart fiosrú a dhéanamh ar dho-ghluaiseachtaí chomhfhiúsacha amach anseo, chun fadhbanna maidir le cobhsaíocht agus treoshuíomh in ullmhú na braiteoirí a shárú, mar shampla trí scannáin PANI le grúpaí aimíne nó aigéad carbocsaileacha a chur ar fáil chun comhchuingreacht a bhaint amach leo. Cé gur thógann siad níos mó amanna ná na nósanna eile agus cé go mbíonn imoibrithe chostasacha ag teastáil uaireanta, bheadh réanna níos faide ag baint le braiteoirí a ullmhaíodh leis na teicníochtaí seo agus bheirfeadh siad bua ar na míbhuntáistí seo. Faoi láthair, tá braiteoirí bunaithe ar dho-ghluaiseacht leictreastatach oiriúnach do ghléasanna so-chaithe aon-úsáideacha. Déanann Caibidil 6 cur síos ar fheidhm mar seo.

Caibidil a Sé

**Forbairt ar Imdhíonbhraiteoir
Leictriceimiceach Fíor-Ama
d'Atraisín**

6.1 RÉAMHRÁ

Le blianta anuas, tá éileamh tar éis teacht ar mhonatóireacht timpeallachta, de bharr gurbh fhios do rialtais agus do chaiteoirí go bhfuil damáiste á dhéanamh don timpeallacht ag cúrsaí thionsclaíochta agus thalamhaíochta. Tá rialtais ag iarraidh nach mbeadh ár n-ithir agus ár n-uiscí truaillithe, trí threoirlínte a chur ar na léibhéil is mó de thruaillíochtaí atá ceadaithe agus trí reachtanna a thabhairt isteach a ngearradh pionóis arda ar an truaillitheoir, má théann na léibhéil truaillithe thar na treoirlíntí seo. De dheasca sin, tá éileamh tar éis teacht ar theicníochtaí neamhchostasacha agus bhuanseasamhacha atá in ann monatóireacht mar seo a dhéanamh.

Is í atraisín ná ball den chine *s*-trí-aisíne de luibhicídí agus is í ceann de na lotnaidicídí is coitianta a úsáidtear ar fud an domhain. Cuireann sí cosc ar thraschuir leictreoin i ngrianchóras II i bplandaí [186]. Baintear úsáid aisti go coitianta mar luibhicíd réamh- agus iartheachta do go leor barraí thrádála cosúil le arbhar indiach, cána siúcra, arbhar, pónaire shoighe, eorna, finiúin, léagúim agus roinnt mhaith barraí thorthaithe freisin, chun smacht a chur ar leathadh fialaí. De dheasca an úsáid forleathan seo, in éineacht lena cobhsaíochtaí ceimiceacha agus bitheolaíocha, chomh maith lena tuaslagthacht agus a soghluaiseacht réasúnta airde in uisce, tá uisce agus maitrísí eile truaillithe go trom aici. [186]. Tá teorainneacha curtha ag eagraíochtaí oireachtais ar na léibhéil is mó d'atrasín atá ceadaithe sa timpeallacht. Chuir an 'European Union Drinking Water Directive (80/778/EEC, 1980)' rialacha oifigiúla ar na tiúcháin is mó atá ceadaithe in uisce inólta, sé sin 0.1 µg/l do lotnaidicíd amháin agus 0.5 µg/l do na lotnaidicídí iomlána [187]. Sna Stáit Aontaithe, is é an leibhéal is mó de lotnaidicíd *s*-trí-aisíne atá ceadaithe in uisce inólta ná 3 µg/ml [188]. De dheasca an úsáid forleathan seo, meastar gurb í atraisín comhdhúil táscaire do thruailliú lotnaidicídeach agus dá bhrí sin, tá éileamh ar chóras áisúil agus tapaidh a d'fhéadfaí anailís a dhéanamh uirthi.

Tá úsáid bainte as a lán teicníochtaí anailíseacha chun tomhais mar seo a dhéanamh, mar shampla crómatagrafaíocht gháis le brathadóir nítrigine-fosfarúil [189] nó cúplaithe le brathadóirí mhais-speictriméadracha [190-191], crómatagrafaíocht leachta le feidhmiú aird in éineacht le brathadóir UV-infheicthe [192-193] nó cúplaithe le mais-speictriméadar [194], crómatagrafaíocht thanaicisil [195] agus leictreafóiréis chríos ribeach [196]. Ach tá na teicníochtaí seo bunaithe sa

shaotharlann agus de ghnáth, ní mó réamhchóireáil a dhéanamh ar an tsampla sular féidir leis na teicníochtaí seo an íogaireacht atá ag teastáil a bhaint amach. Cé gur féidir le modhanna imdhíonmheasúnachta cosúil le MISNE na tomhais íogaire seo a bhaint amach, [186, 191, 197], tógann na hanailísí seo cúpla uair a chloig chun iad a bhaint amach agus ní mó do dhaoine oilte iad a dhéanamh. Bíonn roinnt céimeanna measúnacha ag baint leis na teicníochtaí imdhíoncheimiceacha seo sula mbaintear an brath amach. De bharr na mí-bhuntaistí seo, in éineacht leis na nósanna imeachtaí láimhseála a bhaineann leo, ní féidir iad a úsáid mar chórais bhraiteora ar an láthair.

Cuireann imdhíonbhraiteoirí íogaireacht na himoibriú idir antashubstaint agus antaigin agus an gnothú sonraí tapaidh, go minic díreach, a bhaineann le próisis bhithbhraiteoracha le chéile [22]. Cé gur féidir le córais imdhíonbhraiteoracha optúla agus phísleictreacha na teorainn bratha a bhaint amach d'atraitín, tá castacht turgnamhach agus iomparacht ionstraime ag baint leo [198-199]. Tig le moirtiúlacht nó dath an tsampla cur isteach ar bhraiteoirí optúla, cosúil leis an gcóras leictriceimealonrach a d'fhorbair Wilson *et al.* [200] agus dá bhrí sin, ní bheadh córais mar seo oiriúnach chun anailís ar an láthair a bhaint amach, gan réamhchóireáil a dhéanamh ar an tsampla. Níl imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha ag fúlaingt as na míbhuntaistí seo agus freisin, tig leo mionadach a dhéanamh den chóras anailíseach, trí úsáid a bhaint as LSP sochaiteacha. Tá cur síos déanta ar phríomhthréithí imdhíonbhraiteoirí d'atraitín a fhoilsíodh sa litríocht le déanaí, déanta cheana féin i dTábla 1.1.

Deirtear gurb é an teorrannú is mó a bhaineann le teicneolaíocht imdhíonbhraiteora ná antashubstaintí agus a n-airí [201]. In aineoinn na buntaistí a bhaineann le mAb thar pAb, baintear imdhíonmheasúnachtaí iomaíocha timpeallachta anta-haptanacha amach le pAb, de dheasca na luachanna airde a bhaineann le táirgeadh na mAb [14]. Tugann antashubstaintí athchuingreacha na buntaistí a bhaineann le mAb ar fáil ag costas níos ísle agus gan dhíonadh a dhéanamh ar ainmhithe ach an oiread. Freisin, d'fhéadfaí soláthar gan teorainn de bloghanna d'antashubstaintí a tháirgeadh agus is féidir mionathruithe a dhéanamh orthu chun airí nasctha agus cobhsaíocht na hantashubstaintí a fheabhsú [6]. Déanann roinnt foilseacháin cur síos ar tháirgeadh bloghanna athchuingreacha do phróitéiní agus do pheiptídí, ach ní dhéanann ach cuid acu cur síos ar tháirgeadh bloghanna do haptain le meáchan móilíneacha cosúil leis na lotnaidicídí atraitín [11, 14, 202-203], paraquat [14, 203], meiceoprop [14], dé-úroin [14, 204], défheinilúiré [205], 2,4-D [206],

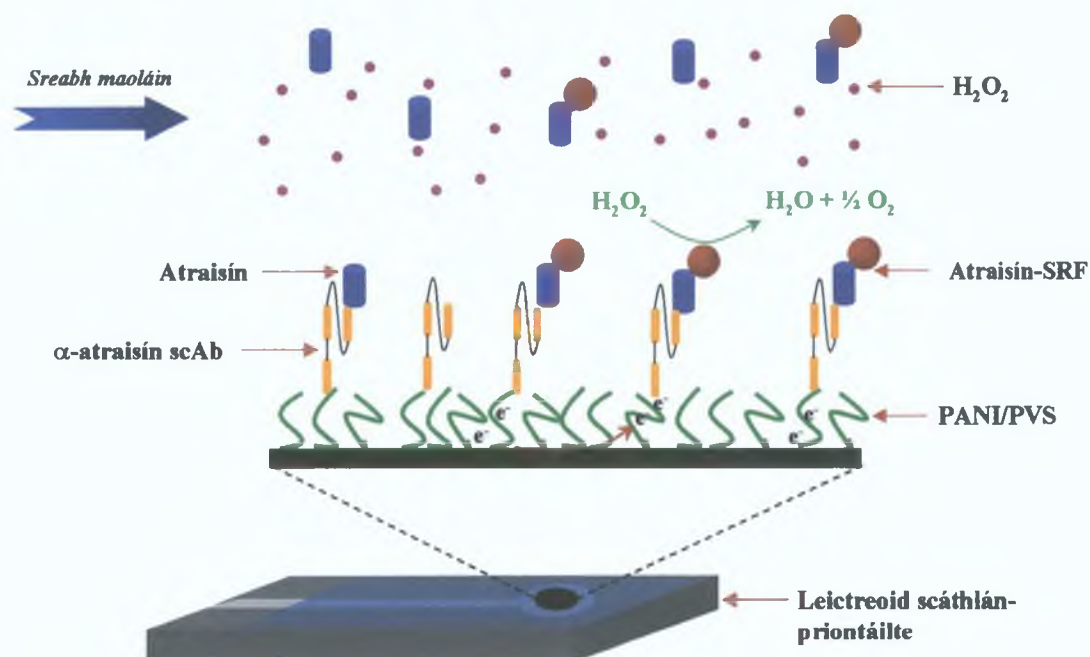
clóirpirifóis [207] agus clóirpirifóis-eitil [208]. San obair seo, baintear úsáid as bloghanna scAb, atá in ann brathanna chomh íogaire agus is féidir lena n-antashubstaintí iomlán a dhéanamh, mar comhdhúil imdhíonacha [119]. Is féidir na bloghanna seo a haithint ó bloghanna scFv, cé go bhfuil fearann seasmhach de shlabhra capa daonna comhleáite ag baint leis an deireadh 3' den scFv, ag an scAb.

Cé go mbaintear úsáid as bloghanna d'antabhubataintí athchuingreacha i dteicníochtaí imdhíonmheasúnachta thraidisiúnta, is beag úsáid atá bainte astu mar an ábhar braiteora den imdhíonbhraiteoir. Tá roinnt mhaith buntáistí ag baint leis an úsáid seo, mar aon le laghdaithe sa chostas agus i nasctha neamh-speiciseacha, chomh maith leis an mbuntáiste d'aonfhiúsachas. D'fhorbair Renard *et al.* bithbhraiteoir fluirseach neamh-imoibrithe do lísísim ó hubh circe, trí úsáid a bhaint as bloghanna d'antashubstaintí athchuingreacha [209]. Is í an chéad agus go bhfios don údar an t-aon imdhíonbhraiteoir leictriceimiceach amháin a bhain úsáid as antashubstaintí athchuingreacha, ná an braiteoir a d'fhorbair Benhar *et al.* le déanaí [210]. D'fhorbair na húdair seo braiteoirí bunaithe ar LSP do luchtós, *Listeria monocytogenes* agus don einsím *Mycobacterium tuberculosis* MtKatG. Ach ní riabh na teorainn bratha ró-mhaith, le freagairtí challánacha agus neamhatairgeacha ag baint le gach tomhas a bhaineadar amach le LSP. Dá bhrí sin, maidir leis an measúnacht do *Listeria*, bhain siad úsáid as LCG ina n-áit.

Tig le córais bhraiteora anailíse a bhfuil baint acu le idirgníomhaithe bhithmhoilíneacha fhíor-ama, braiteoireacht díreach a dhéanamh ar eachtraí nasctha Ab-Ag agus sa slí sin, is féidir leo eolas a ghineadh faoin bhfiníocht agus faoi chinéitici na hidirgníomhaithe Ab-Ag, a bhfuil gaol acu lena bhfeidhm. Is deacair sonraí mar seo a fháil le modhanna measúnacha traidisiúnta. Is próisis dhinimiciúla iad idirghníomhaithe fhíníocha agus tugann rangú infheicthe ar na rátaí chomhthiomsaithe agus díthiomsaithe ó chuair idirgníomhithe fíor-ama, modh gasta ar fáil chun idirgníomhithe a mheasúnacht. D'fhéadfaí charachtaracht níos cruinne a dhéanamh trí rátasamhaltú a dhéanamh ar na cuair seo agus trí shonraí chinéitice a ghineadh astu. Faoi dheireadh, tugann sé seo deis ar fáil chun imdhíonoibrithe fhíníocha níos airde a roghnú go fabhrach. Tá sé seo thar a bheith ábharthach don thionscadal cógaisíocht mar thugann finíocht na hábhair dhrugaí eolas gan chuntas faoi a n-éifeachtaí inoibrithe, aon éifeachtaí thánaisteacha a thagadh uathu agus faoi chibe ar bith is fiú iad. Baineann córais bhunaithe cosúil le BIAcore™ agus IAsys™

úsáid as modhanna trasduchtóra optúla agus tá siadsan in ann brathanna mar seo a dhéanamh, ach tá modhanna mar seo costasach, neamh-iniompraithe, ní féidir leo anailís a dhéanamh ar shamplaí mhoirtiúla agus is minic a bhíonn siad claonta chun trasnaíochtaí ó shoilse comhthimpeallach [198].

Rinne Killard *et al.* cur síos le déanaí, ar chóras leictriceimiceach a bhí in ann anailís fíor ama a dhéanamh. Tháirg an córas seo na cuair spleácha ar thiúchán chéanna is a tháirg córais optúla, ach ní raibh an costas nó an castacht chéanna ag baint leis. Bhí córas comhpholaiméire ‘faoi shreanga go móilíneach’ PANI/PVS curtha sa chomháireamh leis an gcóras seo agus tig leis teachtaireacht díreach a dhéanamh idir eachtraí nasctha Ab-Ag chomhchuingeacha agus dromchla na leictreoid. Tá na prionsabail fheidhmiúla den bhraiteoir a d’fhorbair Killard *et al.* [117] agus iad curtha in oiriúint don chóras braiteora i gcúrsaíocht d’atrasín, léirithe i bhFigiúr 6.1.



Figiúr 6.1: Na prionsabail den imdhíonbhraiteoir ‘faoi shreanga go móilíneach’ le haghaidh anailís a dhéanamh ar atraisín. D’imigh atraisín saor agus atraisín-SRF in iomaíocht lena chéile chun naisc a dhéanamh le bloghanna d’antashubstaintí dhoghluaisithe. De bharr an idirgníomh idir H₂O₂ agus SRF, baineadh sruth sreatha amach, a bhí i gcomhréireacht neamhdhíreach leis an méid d’atrasín a bhí nasctha. Sreabh an sruth ó dhromchla na leictreoid tríd na sreanga móilíneacha den choimpléasc comhpholaiméire. Ní raibh ach idirgníomhaithe einsíme-foshraithe a bhí cuplálte go díreach le dromchla na leictreoid tríd na naisc Ab-Ag, in ann sruthanna catalaíocha a ghiniúint.

Brathann an cruth leictriceimice a úsáidtear sa chóras seo ar mionathruithe ghníomhaíocha de lipéad einsíme SRF. Baineann imdhíonbhraiteoirí leictriceimiceacha thraidisiúnta é seo amach trí athruithe san eachtra nasctha a thomhas, nuair a bhíonn an t-imoibriú críochnaithe. Maidir le hanailís idirgníomaithe bithmhoilíneach fíor-ama áfach, is féidir an idirghníomhú a shamplú go díreach agus go tapaidh agus mar sin de, is féidir eolas faoi na tréithí bhunúsacha den phróiseas nasctha a ghineadh. D'fhéadfadh fuinneamh nó cinéitici na himoibrithe nasctha, nó tiúchán na hanailíte, a bheith curtha san áireamh ag na tréithí seo. Is féidir míniú infheicthe de chinéitic an phróisis nasctha a ríomh ón gcuair idirghníomhaithe fíor-ama. Téann anailís le lipéid SRF – sé sin, atraisín – in iomaíocht le hatraisín soar chun naisc a dhéanamh le imdhíonoibrithe atá doghluaiste – siadsan na scAb d'atraisín. I láthair a foshraith, H_2O_2 , imoibríonn SRF chun sruth de leictreoiní a ghineadh ó dhromchla na leictreide, atá iompartha tríd an coimpléasc Ab-Ag agus tríd na sreanga móilíneacha den chomhpholaiméar PANI/PVS. Trí shlí éagsúla de chruthú imdhíonmheasúnacht traidisiúnta, ní raibh aon gá deighilt a dhéanamh idir antaigin a bhí nasctha agus antaigin nach raibh nasctha, cé nárbh fhéidir le himoibrithe nach raibh cúplaithe le dhromchla na leictreide tríd an nasc Ag-Ab, in ann athruithe sa shruth catalaíoch a ghineadh. I gcontrárthacht le seo, bhain imoibrithe einsíme-foshraithe a tharla sa thuaslagán, leictreoin ón leictrilít toirte in ionad ó dhromchla na leictreide. Tá a thuilleadh obair déanta ó shin ag comhoibrithe, chun bunús an fheiniméin seo a thuiscint [211]. Bhí an córas a d'fhorbair Killard *et al.* bunaithe ar LSP a bhí curtha le córas ASI, a thug áis chun oibreáin a thaisteal chuig dhromchla na leictreide trí shlí rialaithe agus seiceamhach [117]. Taispeánfaidh an caibidil seo gurbh fhéidir leis an gcóras céanna oibriú i gcruthú baise. Chomh maith le sin, taispeánfar conas an córas sreabh-insteallta seo a úsáid chun anailís a dhéanamh ar atraisín, le cruthú imdhíonmheasúnach comhchosúile.

Fáth amaháin nach bhfuil ach úsáid teoranta á bhaint as córais imdhíonbhraiteora agus córais imdhíonmheasúnachta amach as an saotharlann, ná go bhfuil an oiread sin céimeanna castacha ag baint leo. Caithfear modhanna a fháil nuair nach mbíonn ar an úsáideoir cur isteach ar an scrúdú, ach amháin chun an sampla a chur leis. Tá roinnt modhanna molta cheana féin chun é seo a bhaint amach. Mar shampla, sa scrúdú lánfola do mhonatóireacht ar cholaistéaról a d'fhorbair Law *et al.*, rinne scagaire, ina raibh roinnt imdhíonoibrithe ann, asúchán ar shamplaí fola agus gineadh imoibriú dathmhéadrach leis [212]. Forbraíodh trealamh scrúdú machaire do

luibhicídí trí-aisíne mar aon le hatraisín i samplaí d'uiscí le déanaí, sé sin an 'SensioScreen® TR500' ('Sension GmbH', An Gearmáin) [213]. Tá an scrúdú seo bunaithe ar mhodh MISNE le scannán ann, a thig le léibhéil 0.1 ppb d'atraisín a bhrath i ndeich nóiméid. Ní mó caighdeánacha, samplaí agus tuaslagáin réaltacha a chur go seiceamhach leis an anailís, a bhí bunaithe ar chomparáid dathmhéadrach idir samplaí agus caighdeánacha. Ach níorbh fhéidir le córais mar seo eolas cainníoch faoin anailís a ghineadh áfach.

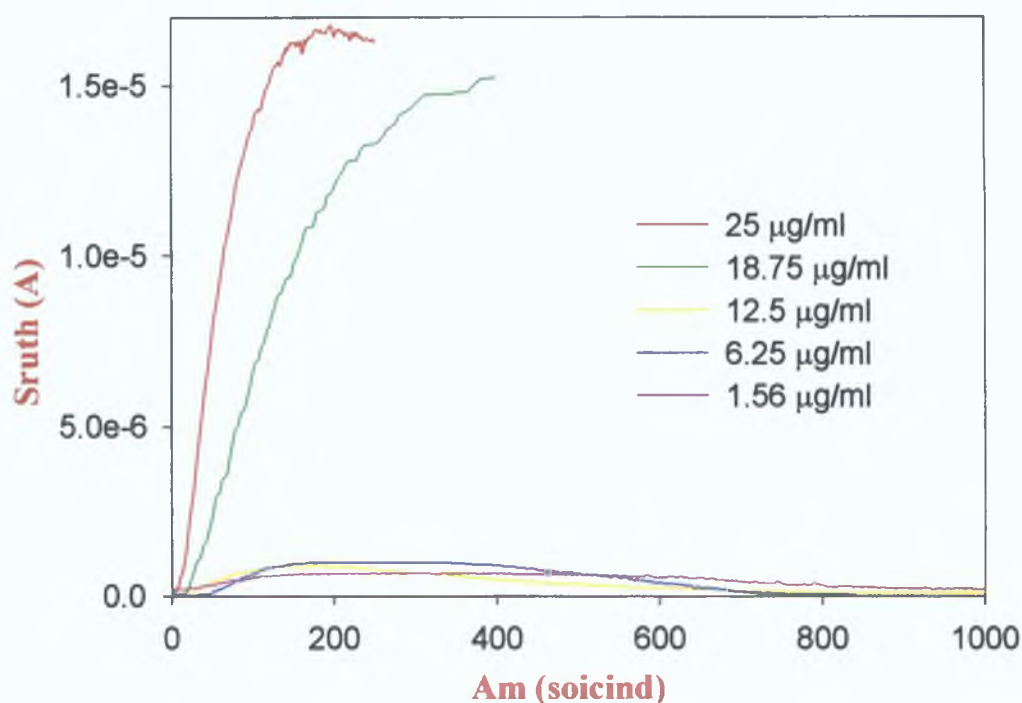
San obair seo, déanfar cúntais ar mhodh nua chun anailís ilchalabrach agus il-iomaíoch a dhéanamh ar an anailít. Tugann an modh seo deis chun turgnaimh chaighdeánacha iomlán a dhéanamh ar aon leictreoid amháin, ag gineadh anailísí chineáileacha agus cainníochta ag an am chéanna. Sáraíonn sé seo fadhbanna le hinathraitheachtaí idir-leictreoid a bhaineann le LSP de gnáth. Chomh maith le sin, ní gá dromchla an bhraiteora a hathghineadh chun an idirghníomhú idir an antaigin agus an antashubstaint a hiompú, cé go mbeadh roinnt samplaí agus caighdeánacha curtha le haon dromchla braiteora amháin. Is féidir roinnt turgnaimh imdhíonmheasúnacha iomaíocha a bhaint amach ar aon leictreoid amháin agus sa slí sin, déantar beag d'ama na mbhatha a bhaineann le tomhais réaltacha.

6.2 TORTHAÍ AGUS PLÉ

6.2.1 *Monatóireacht fíor-ama ar idirghníomhaithe antashubstainte-antaigine i gcóras baisce*

Thug Killard *et al.* faoi deara cheana féin gurbh fhéidir monatóireacht fíor-ama a dhéanamh ar idirghníomhaithe Ab-Ag leis an ngléas bithbhraiteora seo, chun anailís a dhéanamh ar an vitimín bitin, gan ach amháin an anailít le lipéad SRF agus an foshraith H_2O_2 amháin a bheith i láthair sa thuaslagán [117]. Nuair a chuireadh an córas seo leis an gcumraíocht sreatha, ní raibh aon gá comhdhúl a bhí nasctha agus nach raibh nasctha a dheighilt óna chéile, cé nárbh fhéidir ach le heinsím a bhí i dteagmháil le dromchla na leictreoid tré idirghníomhaithe Ab-Ag, sruth catalaíoch a ghineadh. Trí leictreoid clúdaithe le hantashubstaintí do bhitin a chur leis an gcóras

seo agus trí sruth de 0.5 mg/ml SRF agus 8 mM de H_2O_2 a sheoladh thar dromchla na leictreoid, thaispeán Killard *et al.* nár ghineadh sruth tábhachtach ($1.237 \pm 0.137 \mu\text{A}$) i gcomparáid leis na sruthanna a ghineadh nuair a chuireadh sruthanna de bhitin-SRF agus H_2O_2 thar dromchla na leictreoid. D'fhéadfadh nach mbeadh córais shreabh-insteallta oiriúnach i gcónaí áfach. Léiríonn *Figiúr 6.2* an freagairt ó bhitin-SRF a chur le LSP mionathruithe le antashubstaintí do bhitin, sa chóras baisce 2 ml, a bhí léirithe cheana féin i *bhFigiúr 2.1(A)*.



Figiúr 6.2: Anailís bhaisce ar an idirgníomhú fíor-ama idir antashubstaintí do bhitin agus bitin-SRF (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Bhí tiúcháin níos airde de bhitin-SRF freagrach as méaduithe sruthacha níos tapúla. Bhí íogaireacht ag baint leis an gcóras thar 12.5 µg/ml. Faoin méid seo áfach, bhí sé deacair difreáil a dhéanamh idir samplaí.

Nuair a chuireadh bitin-SRF leis an gcill ina raibh maolán agus foshraith inti, ghineadh rátachuar tipiciúil, a bhrath ar an tiúchán den anailít, chomh maith le roinnt paraiméadair eile. Ag na tiúcháin is airde, idir 12.5 – 25 µg/ml, bhí na comharthaí

inchomparáide leis na comharthaí a bhfeictear cheana féin le ASI. Ag tiúcháin níos ísle áfach, ní raibh íogaireacht ag baint leis an gcóras baisce. D'fhéadfadh go mbeadh teorannú ó thraschur maise de bharr an toirt mór sa chill níos tábhachtaí ag na tiúcháin ísle seo, i gcomparáid leis an toirt cealla íseal agus na treoluasanna líneacha airde a bhain leis an gcill shreatha. Mar sin féin, is léir gurbh fhéidir anailís fíor-ama a bhaint amach leis an gcóras turgnamhach simplí seo.

6.2.2 Measúnacht fíor-ama d'atraisín bunaithe ar shreabh-insteallta

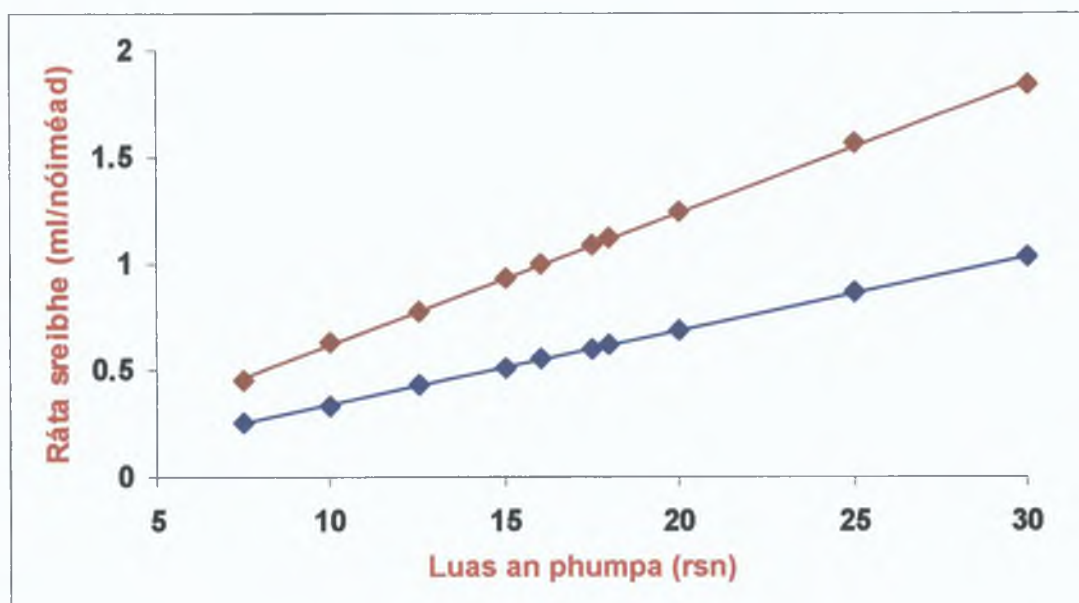
Taispeántar cheana féin gurbh fhéidir leis na bloghanna scAb a úsáidtear san obair seo 1 – 2 codanna sa thrilliún (cst) a bhaint amach d'atraisín agus freisin, thaispeán siad an-chobhsaíocht ag coinníollacha neamh-fhiseolaíocha. Bhí méid 40 kDa ag baint leis na bloghanna seo i gcomparáid leis an méid 150 kDa a bhain leis an antashubstaint iomlán. De dheasca sin, tá sé ina scéala gurbh fhéidir le scAb móilíní le meacháin móilíneacha cosúil le atraisín, eachtra nasctha níos éifeachtaí a bhaint amach [11].

Chun imdhíonmheasúnachtaí iomaíocha a bhaint amach, ní mó comhchuingeach d'atraisín-SRF a hullmhú agus a úsáid, mar a léirítear i Mír 2.3.1. Tá trí phointí cheangailte ag baint leis an struchtúr fáinneach de hatraisín. Sa slí seo, cuireadh an grúpa 2-clóro in áit an grúpa sulfair de haigéad 3-mearcaptópróipianach, chun díorthach tia-éiteara a ghineadh a d'fhéadfaí úsáid a bhaint as i scéimeanna comhchuingeacha. Baintear úsáid as an modh NHS eisteara chun naisc chomhfhiúsacha a cruthú idir an tia-éitear seo agus an einsím SRF. Ullmhaítear eisteir NHS de na páirteanna haptain aimín aigéideacha den ghliceapróitéin SRF leis na grúpaí alcóil de NHS i láthair DCC. De dheasca na táirgeacha ísle de thia-éitear a ghineadh, roghnaíodh ar gan mhodhanna traidisiúnta a úsáid chun an dlús haptain a thomhas, in áit táirgeacha comhchuingeacha haptain a tháirgeadh. Ar aon chaoi, de bharr an nádúr aonfhiúsach a bhain leis na bloghanna antashubstainte, ní raibh aon gá leis an gcóimheas haptain-comhchuingeacha a thomhas, cé nach raibh ach aon pharatóp amháin ar fáil chun naisc a dhéanamh [206].

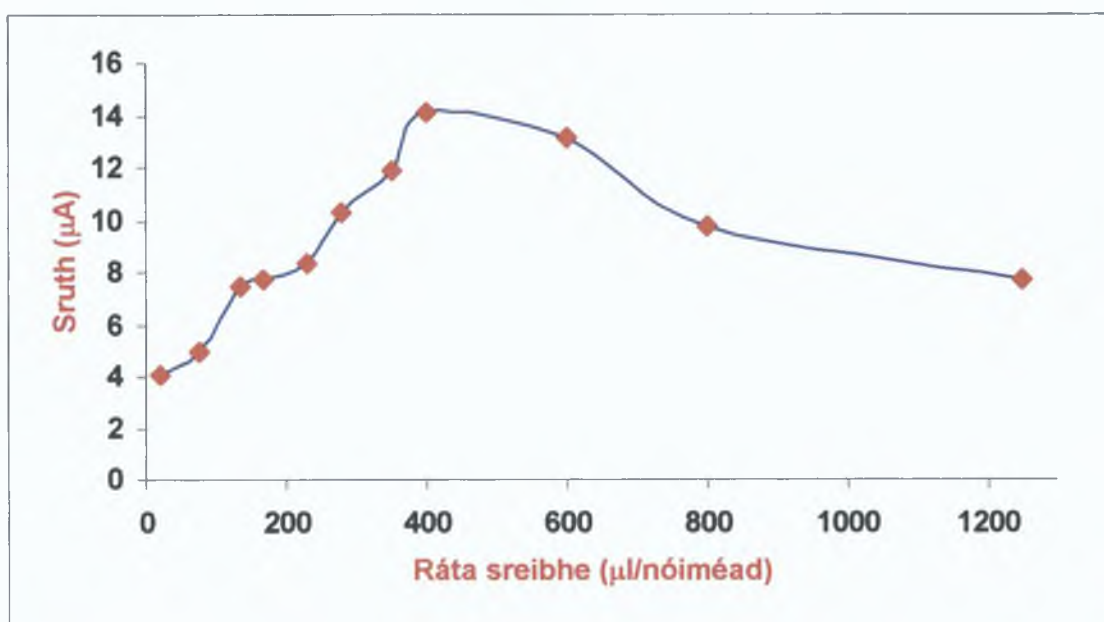
6.2.2.1 Optamú ar an ráta sreibhe

Ag brath ar thiús an logáin, d'fhéadfaí toirteanna inmheánacha chomh íseal le 15 μ l a bhaint amach leis, méid atá inchomparaíde leis an toirt inmheánach de 10 μ l a bhain leis an gciill shreatha a úsáidtear sa chóras BIAcore™. Rialaíonn rátaí shreibhe thomhaltas an tsampla, chomh maith leis an ráta a chuirtear anailít ón tuaslagán thar dromchla na leictreoid, sé sin éifeachtaí thraschuir mhaise. Cé gur úsáidtear rátaí shreibhe de 600 μ l/nóiméad cheana féin le turgnaimh a bhaineadh amach leis an gcóras sreatha seo [117], tá rátaí níos ísle ag baint le córais bhithbhraiteora optúla atá in ann tomhais fhíor-ama a ghineadh. Mar shampla, is féidir rátaí 5 μ l/nóiméad a bhaint amach leis an gcóras BIAcore™. Sa chill leictreiceimiceach áfach, úsáidtear teannaire tréimhsealtach in ionad córas bunaithe ar mhicreasreabhacha agus sa slí seo, d'fhéadfaí rátaí shreatha chomh lú de 20 μ l/nóiméad a bhaint amach. Úsáidtear dhá short de fheadáin Tygon® le trasthomais inmheánacha (t.i.) ag baint leo le haghaidh na tomhais seo a dhéanamh. Bhí gaol idir na socraithe rsn agus an ráta sreibhe, mar atá léirithe i *bhFigiúr 6.3*.

Tá tionchar na rátaí shreibhe seo ar na haschuir shruthanna chatalaíocha bhraiteora léirithe i *bhFigiúr 6.4*. Cé go mbaintear úsáid as rátaí shreibhe níos ísle i gcórais fíor-ama optúla, ní raibh na rátaí seo oiriúnach don chóras seo, cé gur ghineadh sruthanna aimpéarmhéadracha níos ísle mar thoradh ar na rátaí seo. Bhí na teorannú traschuir maise ag na rátaí shreibhe seo freagrach as na sruthanna seo, cé gur chur siad cosc ar thaisteal éifeachtach de Ag go Ab a bhí do-ghluaiste le dromchla an bhraiteora. Baineann teorannú traschuir maise le gach córas bithbraiteora agus d'fhéadfadh rátaí traschuir maise ísle, tiúchán níos airde de láthair nascaithe dhromchla nó rátaí imoibriúchána tapúla a bheith freagrach astu. Ní cheart gur athrófar na teoiricí seo go tromchúiseach cé gur choiméadtar an tiúchán de phróitéin go seasmhach ag 0.5 mg/ml Ab agus gur úsáidtear an tuaslagán Ab chéanna tríd.



Figúir 6.3: An comhghaol idir an ráta sreibhe agus an socrú rsn don theannaire tréimhshealtach, le feadáin Tygon® le t.i. de 0.023 cm (gorm, cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 0.0345x - 0.0015$, $r^2 = 0.9998$) agus t.i. de 0.206cm (dearg, cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 0.0619x + 0.0045$, $r^2 = 0.9998$) ag baint leo.



Figúir 6.4: Tionchar an ráta sreibhe ar fhreagairtí aimpéarmhéadracha (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Ní raibh na teorainn traschuir maise chomh fábhraich le haghaidh tomhais aimpéarmhéadracha ag rátaí níos ísle agus dá bhrí sin, roghnaíodh ar ráta sreibhe de 400 µl/nóiméad a úsáid le haghaidh na hanailísí a leanas.

Dá bhrí sin, d'fhéadfaí tionchar traschuir maise a bheith freagrach as laghdaithe sna am freagartha, cé gurb í an athróg amháin a d'athraigh ná toirt an chill-sreatha (seasmhach) nó an ráta sreatha (athraithe). Bhí diallta ón iompar cinéiteach idéalach mar thoradh ar na teorannú seo agus dá bhrí sin, roghnaítear ar ráta sreibhe de 400 $\mu\text{l/nóiméad}$ a úsáid do thurgnaimh ina dhiaidh sin, cé go raibh teorainn ag baint le traschuir maise thar an luach criticiúil seo.

6.2.2.2 Anailís le cruthú imdhíonmheasúnach coscáithe

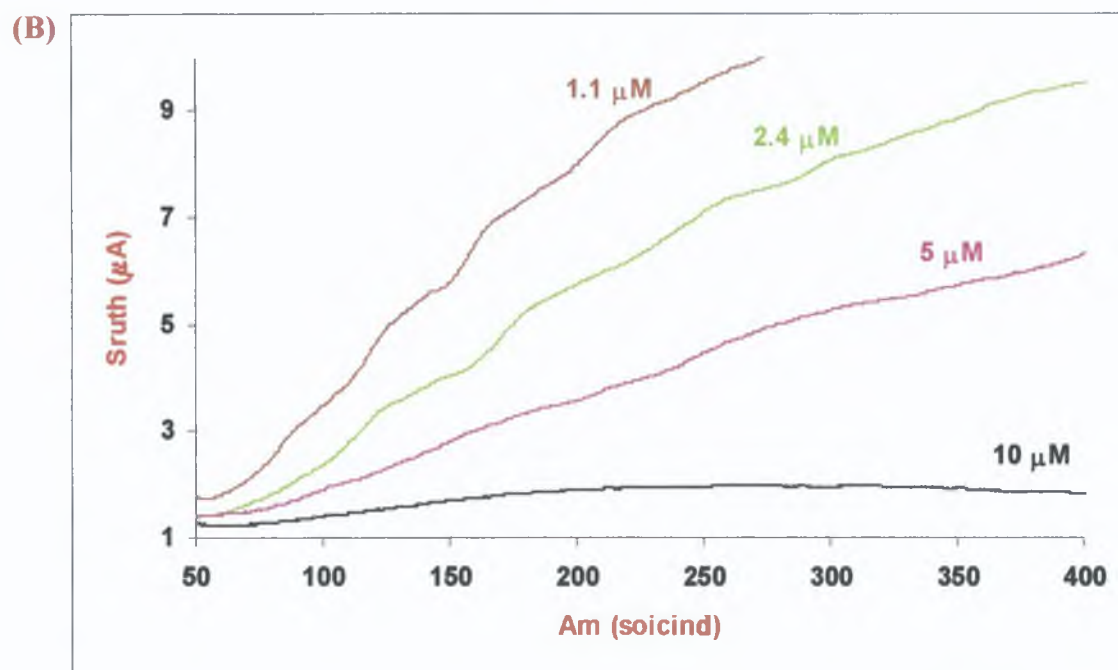
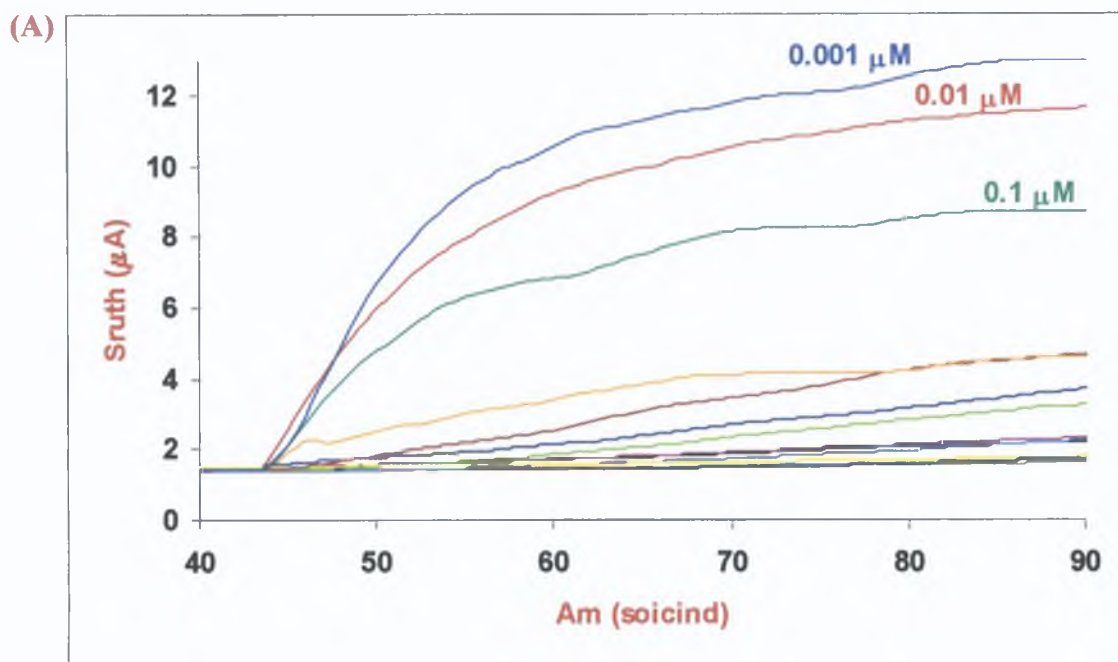
Baintear úsáid as an gcruthú anailíse aon-leictreoid a thugadh cuntas air i Mír 2.3.11.1.1 chun cumas an chórais atraisíne tomhais fíor-ama a dhéanamh a fháil amach. Chun turgnamh smachta a dhéanamh chun a thaispeáint nach gcuireadh idirgníomhaithe einsíme-foshraithe a tharlódh sa thuaslagán isteach ar na tomhais a bhaineadh amach ar dhromchla na leictreoid, do-ghluaisleadh antashubstaintí do hatraisín ar dhromchla na leictreoid agus sheoladh sruth de 0.5 mg/ml SRF agus 8 mM de H_2O_2 tharisti. Níor ghineadh sruthanna tábhachtacha ach de $1.14 \pm 0.09 \mu\text{A}$) i gcomparáid leis na sruthanna a ghineadh nuair a chuireadh sruthanna de hatraisín-SRF agus H_2O_2 thar dromchla na leictreoid.

Cuireadh atraisín shaor leis an gcóras sreatha ar feadh 30 soicind agus ansin cuireadh meascáin d'atraisín-SRF agus den fhoshraith H_2O_2 leis. Bhí sé seo i gcontrárthacht leis na goir uair a chloige a bhí ag teastáil leis an gcruthú cuasachothromaíochta den chóras [214]. Tugann *Figiúr 6.5* cuntas ar fheidhm atraisín-SRF, atraisín saora agus H_2O_2 a chuireadh le leictreoid mionathruithe le hantashubstaintí d'atraisín sa chill shreatha. Tá raon de chuair rátaíthe do thiúcháin athraitheacha den anailít atraisín léirithe. Is cuair thipiciúla iad ná mar a ghintear le cruthú fíor-ama eile, sa slí go bhfuil ráta na freagartha ag brath ar an tiúchán, faoi choinníollacha teorannú traschuir maise. D'fhéadfaí smacht a chur ar theorainn bratha an mheasúnaigh trí am an réamhsháithiú ar dhromchla na leictreoid le atraisín saora a hathrú. Is leor tréimhse de 30 soicind agus ráta sreibhe de 400 $\mu\text{l/nóiméad}$ a úsáid chun teorainn bratha de 0.1 csb a bhaint amach.

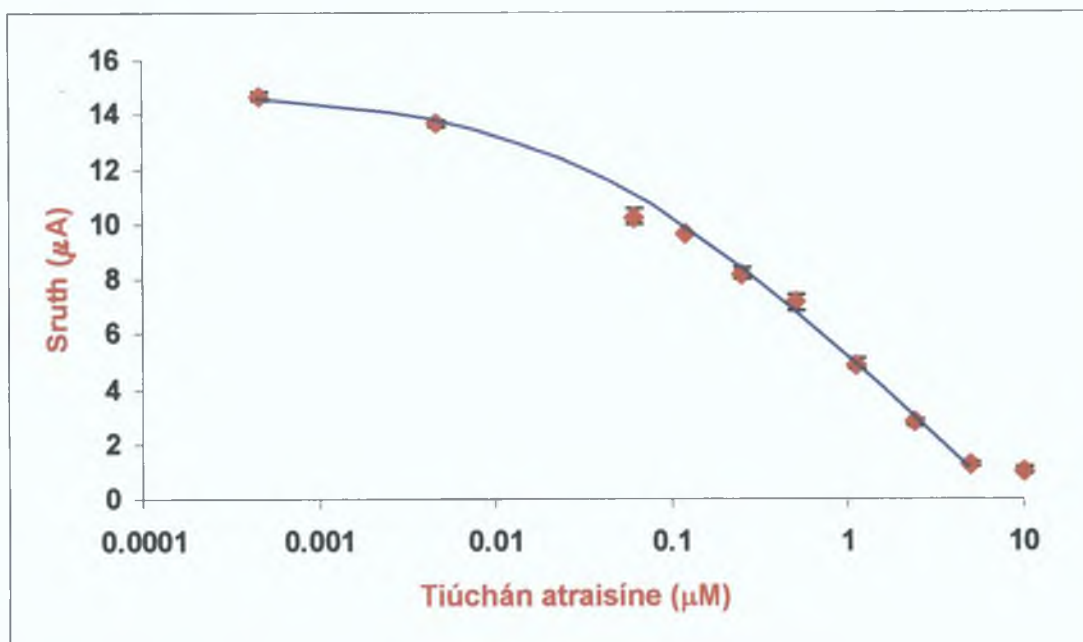
Tríd na sonraí fhreagartha shreatha is íosta a thomhais ag 120 soicind, bhí na haschuir aimpéarmhéadracha i gcomhréireacht go hinbhéartú leis an tiúchán d'atraisín

saora. Nuair a bhreacadh na torthaí trí shlí leath-logartamach, gineadh an cuar toirtmheascach a thaispeántar i *bhFigiúr 6.6* ($n = 3$), a léiríonn an breacadh sigmiúla de na idirghníomhaithe Ab-Ag mar is gnáth le himdhionmheasúnachtaí iomaíocha. Bhí raon de 0.05% go 9% ag baint leis na tomhais seo, le meán de 3.4%. Bhí na torthaí seo inchomparáide le luachanna cc d'atraitín a thug comhoibrithe cúntas orthu cheana féin le córas baisce fíor-ama [214]. Bhain an córas seo i láthair, teorainn bratha de 0.1 ppb (0.0005 μM) amach, mar atá ag teastáil ó na réachtaithe AE agus domhnada.

Tá an córas seo i bhfad níos íogaire ná córas baisce a bhain úsáid as an bprionsabal chéanna in éineacht le mAb d'atraitín, a bhain teorainn bratha de 28 csb amach [214]. D'fhéadfadh go raibh an toirt cealla níos mó de 200 μl a bhain leis an gcóras baisce, freagrach as an teorainn bratha dona sin. D'fhéadfadh sé seo teorannú traschuir maise a chur leis an gcóras seo agus is iad a chur isteach go contrárthach ar an íogaireacht. Cuireann cill shreatha le ciseal tanáí agus modh sreabh-isteallta feabhas ar na tréithí thraschuir maise, sa shlí sin ag méadú an íogaireacht. Chomh maith le sin, d'fhéadfadh úsáid na mbloghanna haonfhiúsacha scAb in áit na hAb dhéfhíúsacha, uimhir na láthair nasctha san aonad-achar a mhéadú. Meastar go raibh an teannaire tréimhshealtach freagrach as ascalaithe sa shonraí fhreagartha.



Figúir 6.5: Freagairtí chuair rátaíthe tipiciúla ó imdhíonmheasúnachtaí íomaíocha idir atraisín agus atraisín-SRF le haghaidh naisc a dhéanamh le LSP a bhí mionathruithe le scAb d'atrasín (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Laghdaíodh fánaí na freagartha aimpéarmhéadracha maidir le méadaithe sa thiúchán atraisíne. Léiríonn (A) na tiúcháin atraisíne idir $0.001 \mu M$ agus $10 \mu M$ agus léiríonn (B) na tiúcháin atraisíne idir $1.1 \mu M$ agus $10 \mu M$.



Figúir 6.6: Measúnacht choiscithe imdhíonbhraiteora d'atrasín. Díorthaíodh na freagairtí shreatha ó na freagairtí shreatha is uasta ag 120 s. Baineadh raon anailíse amach d'atrasín idir 0.12 μM agus 5 μM , le teorainn bratha de 0.1 csm (0.00046 μM) ($n = 3$) agus raon de cc idir 0.05% agus 9%.

6.2.3 Anailís ilchalabraithe neamh-athghiniúna ar aon leictreoid amháin

Ceann de na fadhbanna is mó a luaitear go mbaineann le LSP ná an inathraitheacht nádúrtha a mhaireann idir leictreoidí dhifriúla. D'fhéadfadh an easpa rialú ar characteracht struchtúir micreascópach na leictreoid, a thugann deilbheolaíochtaí dhromchlacha dhifriúla do na leictreoidí oibrithe, a bheith cúis le seo [48]. De bharr nádúr an phróisis priontála, níl na dromchlaí de dhá leictreoidí éagsúla mar an gcéanna, fiú amháin dá phriontálfaí iad sa bhaisc chéanna. Cé gurbh fhéidir le réamhchóireáil, trí aon chiogal voltmhéadrach amháin i dtuaslagán de 0.2 M H_2SO_4 na hinathraitheachtaí idir-leictreoid seo a híoslaghdú (Mír 3.2.4.3.1), fós maireann difríochtaí dhéanta – agus de dheasca sin leictriceimiceacha – idir dromchlaí LSP. D'fhéadfadh go mbeadh tionchar ag na hinathraitheachtaí idir-leictreoid seo ar gach tomhas leictriceimiceach, ba chuma cén sórt d'ábhar leictreoid a úsáideadh, ach

amháin leictreoidí mhearcair, a ghineann dromchlaí inathnuaite do gach tomhas as a chéile. Chomh maith le sin, bheadh tionchar ag aon chor sa phoitéinseal tagartha ar aon thomhais, cé nach cuirtear an poitéinseal chéanna le gach sampla. Dá bhrí sin, bhí tóir ar mhodh turgnamhach eile a úsáid chun na hinathraitheachtaí idir-leictreoidé seo a shárú in ionad iad a laghdú.

De rogha ar an bhfreagairt shreatha is uasta a bhfaightear trí mheasúnacht iomaíoch a thomhas, d'fhéadfaí tomhais chainníocha a bhaint amach tríd an athrú sa chomhartha a thomhas tar éis do thréimhse ama a shleamhnú thart. De rogha ar sin, d'fhéadfaí ráta an idirghníomhú a haimsiú ó fhána an mhéadú sa chomhartha a thomhas, cé go bhfuil gaol idir an fána seo agus an tiúchán. De gnáth, ní mó aon thomhas amháin a dhéanamh ar an dromchla agus ansin caithfí athghiniúint a dhéanamh tríd aon gnéith idirghníomhaithe amháin nó an dá cinn a bhaint amach i bpróiseas athghiniúna. Ní mó é seo a dhéanamh de bharr gur sháithíonn an dromchla tar éis tamaill idirghníomhaithe (sa chás seo, níos lú ná aon nóiméad amháin i láthair atraisíne) agus cé gur théann an gaol líneach idir an tiúchan agus an comhartha ó ghléas. De gnáth, ní mó roinnt caighdeáin a hullmhú do gach cuar caighdeánach agus ní mó roinnt samplaí a chur chun tomhais freisin. Ní bhíonn athghiniúint ar dhromchla clúdaithe le hAb ag teastáil i gcónaí áfach agus is iomaí fáthanna atá cúis le seo. De dheasca fuinneamh na hidirghníomhaithe Ab-Ag, bíonn coinníollacha crua ag teastáil chun na naisc a bhriseadh. Is iad na coinníollacha siúd ná trí thuaslagáin le pH árd nó íseal, airí éagtrópacha, próitéanáiseanna nó tiúcháin airde de shalann a chur leo [215]. Ach d'fhéadfadh na himeachtaí seo ní amháin na naisc san imdhíonchoimpléasc a bhriseadh, d'fhéadfadh siad an Ab doghluaiste a dhínádúir agus/nó damáiste doleasaithe a dhéanamh do dhromchla an bhraiteora. Dá bhrí sin ní mó comhghéilleadh a dhéanamh idir íogaireacht agus athdhéanamh an chórais. Chomh maith le sin, d'fhéadfadh gur chuirfeadh na céimeanna athghiniúna seo leis an am a thógadh sé chun tomhas a bhaint amach. D'fhéadfadh go mbeadh an-chuid buntáistí ag baint le córas nach raibh athghiniúint ag teastáil uaidh, trí roinnt tomhais leanúnacha a bhaint amach ar aon dhromchla amháin.

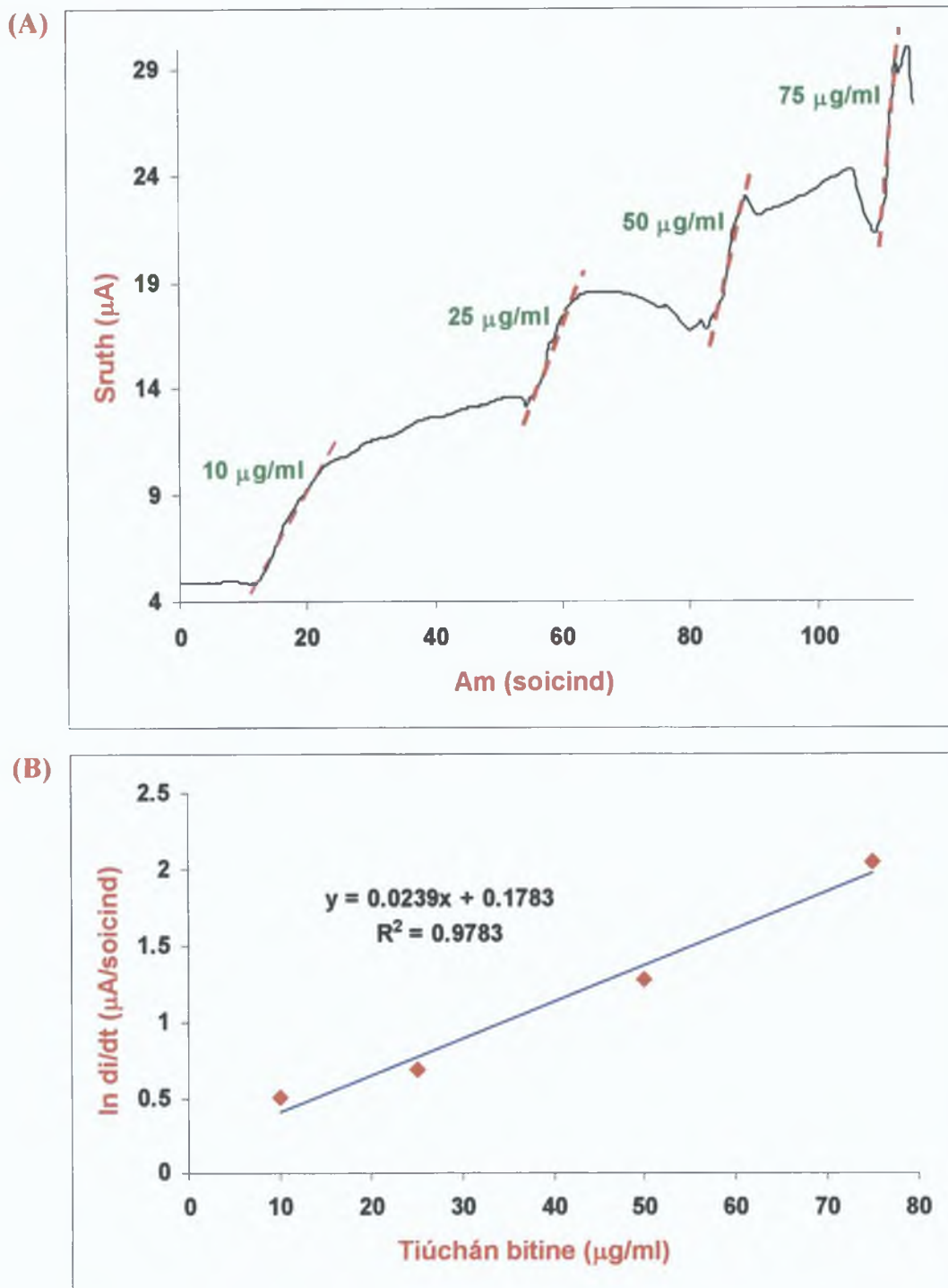
Mar a tharlaíonn idirghníomhú bithmhoilíneach ag dromchla na trasduchtóra, imíonn sé chun sáithiú maidir leis an ráta $R \sim t^{1/2}$, ina sheasann R don fhreagairt agus t d'am. Is freagairt neamh-líneach í seo. Ach ag tús an chomhartha áfach, nuair a bhíonn luach beag ag baint le t , maireann gaol súdlíneach idir R agus t agus is féidir neasluach líneach a thomhas as. Dá bhrí sin, ag fosáithiú dromchla na trasduchtóra,

maireann gaol líneach idir an tiúchán agus an fána. Sa rhéigiún seo, is féidir roinnt samplaí a chur leis an dhromchla agus roinnt tomhais a bhaint amach, fad is go ndéantar iad uilig sa rhéigiún súdlíneach. D'fhéadfaí anailís a dhéanamh ar roinnt caighdeánta agus roinnt samplaí ar aon dhromchla amháin sa shlí seo agus d'fhéadfaí cuair chaighdeánacha a chruthú astu chun anailísí a dhéanamh ar shamplaí gan aithne. Is féidir anailísí mar seo a bhaint amach go tapaigh (le réim soicinde) agus ag leanúint a chéile go gasta, a chuireann anailís ilchalabraithe tapaigh ar fáil.

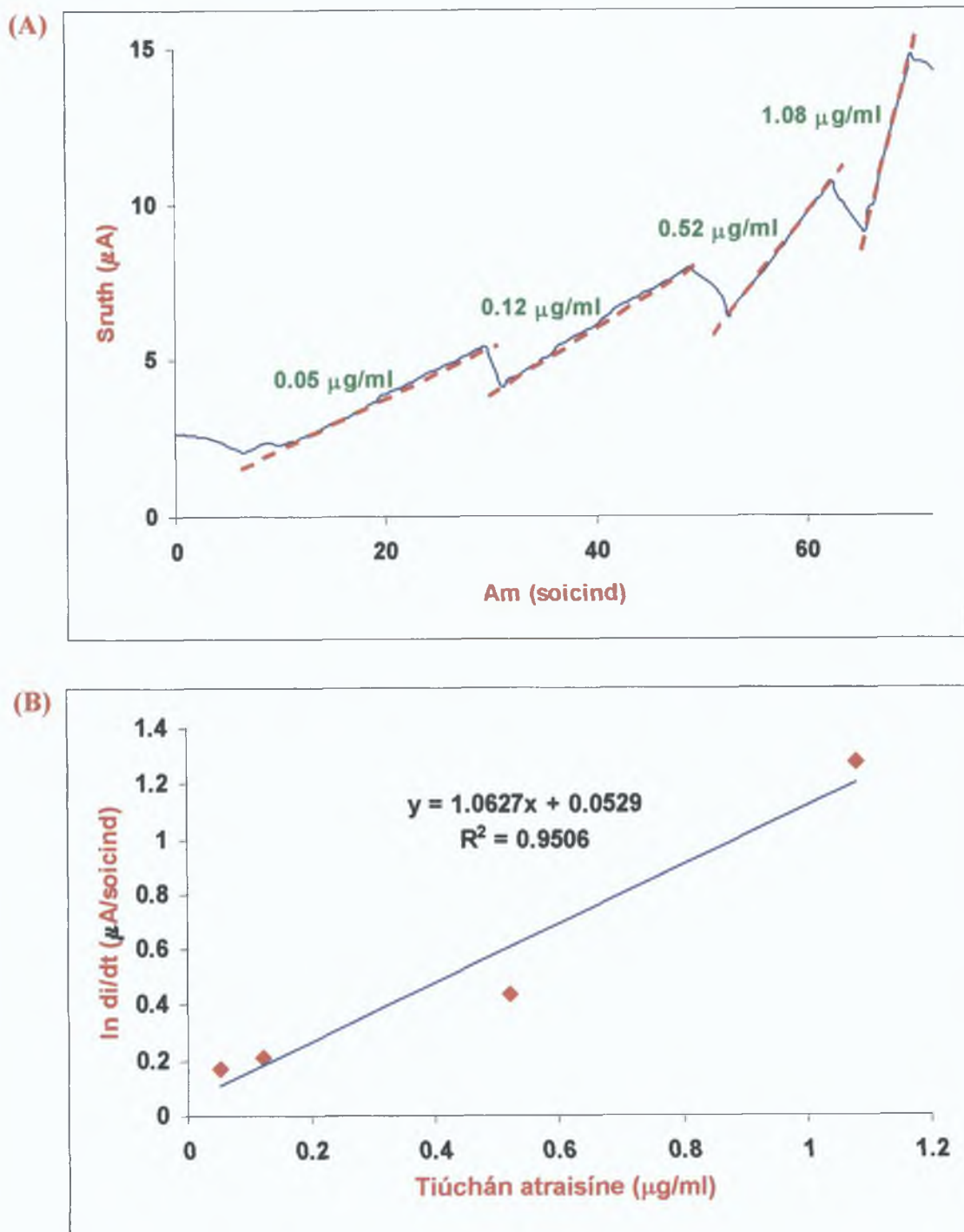
Tri úsáid a bhaint as modh sreabh-insteallta chun raon de chaighdeánta bitine-SRF a chur thar dhromchla d'aon leictreoid amháin agus trí na sonraí rátaíthe chinéitice a thomhas astu (*Figiúr 6.7(A)*), is féidir aon chuar caighdeánach amháin a ghineadh (*Figiúr 6.7(B)*). Baineann an gaol chéanna idir tiúchán agus ráta na cuair rátaíthe seo agus a bhaineann le freagairtí fhíor-ama eile. Éastoscadh sonraí rátaíthe ón gcéad 15 go 20 soicind den fhreagairt, a bhí de réir 30 nó 40 pointí shonraí. Gineadh cuair rátaíthe astu ina raibh an gaol chéanna idir tiúchán agus ráta, is a bhain le freagairtí fhíor-ama ar leictreoidí leanúnacha, le comhéifeachtaí chomhghaolaithe níos mó ná 0.99 ag baint le gach fána. Sáraíonn an modh féin-caighdeánta seo a rinneadh ar gach leictreoid, an neamhtáirgeacht agus an inathraitheacht idir-leictreoid, trí ghach sampla a chur leis an gcóras chéanna. Tugann measúnacht ar aon leictreoid amháin córas gan athghiniúint ar fáil agus is féidir anailís a dhéanamh ar roinnt samplaí agus caighdeánta ar aon dhromchla amháin atá mionathruithe le hantashubstaintí.

Baineadh úsáid as an gcóras seo chun anailís a dhéanamh ar caighdeánta d'atrasín-SRF agus gineadh an raon chéanna de na freagairtí chinéitice as, mar a thaispeántar i *bhFigiúr 6.8*. D'fhéadfaí anailís a dhéanamh ar thiúcháin shamplacha thábhachta níos ísle ná 0.05 µg/ml d'anailít sa chás seo, i gcomparáid le 10 µg/ml leis an gcóras bitine a bhain úsáid as antashubstaintí iomláin. Cuireadh é seo síos leis na finíochtaí nasctha níos airde a bhain leis na bloghanna scAb agus cé nach raibh na baic steireacha chéanna ag baint leo ar dhromchla na leictreoid. Normalaíodh freagairtí ó thomhais ilchalabraithe le fána (m) an chéad fhreagairt, sa chás seo fána na freagartha ag tiúchán de 0.05 µg/ml ($m_{0.05}$). Tugann an modh seo deis chun comparáid a dhéanamh idir torthaí ó chuair chalabraithe a bhfaightear ó leictreoidí dhifriúla. Tá an breacadh normalaithe ón gcalabrá seo, a bhfaightear trí thomhais a dhéanamh ar thrí leictreoidí dhifriúla, léirithe i *bhFigiúr 6.8(C)*. Bhí luachanna

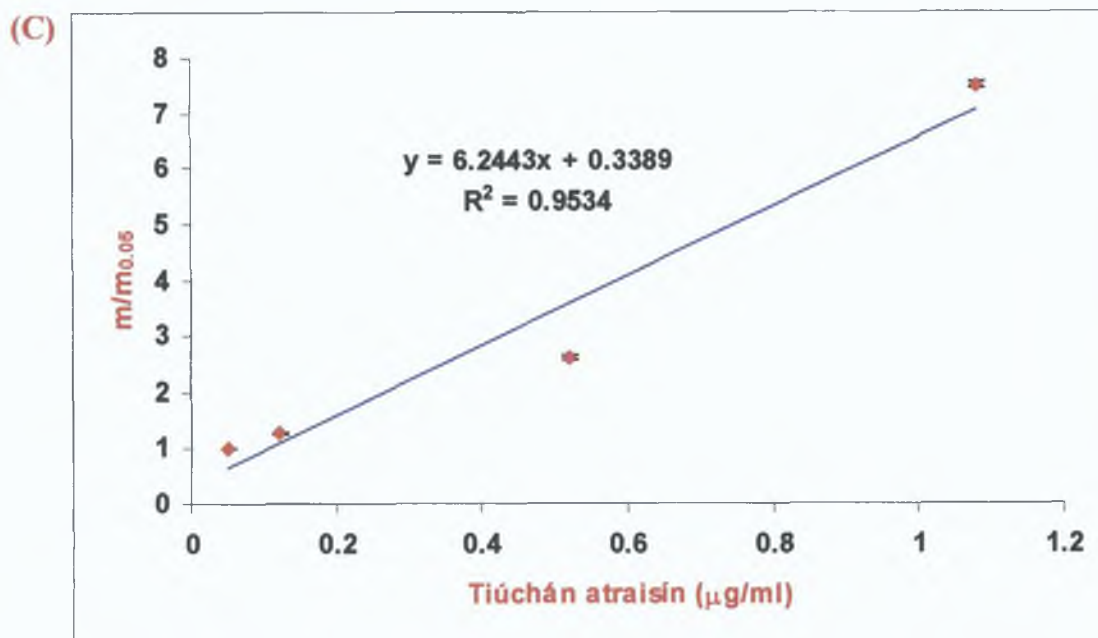
earraíde faoi 1.5% ag baint le gach sonar, rud a thaispeánann gur oibríonn an córas ilchalabraithe seo in aineoinn inaitheachtaí idir-leictreoidé nó idir-braiteora.



Figiúr 6.7: Anailís ilchalabraithe do bhitin-SRF ar dhromchla aon leictreoid amháin (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Cuireadh caighdeánta de bhitin-SRF ó 10 – 75 µg/ml thar dhromchla na leictreoidé (A). Breacadh na rátaí líneacha thosaithe (línte phoncaithe) agus dearcadh cuar chalabraithe de thiúchán bhitine-SRF (B) uathu siúd. Cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 0.0239x + 0.1783$, $r^2 = 0.9783$.

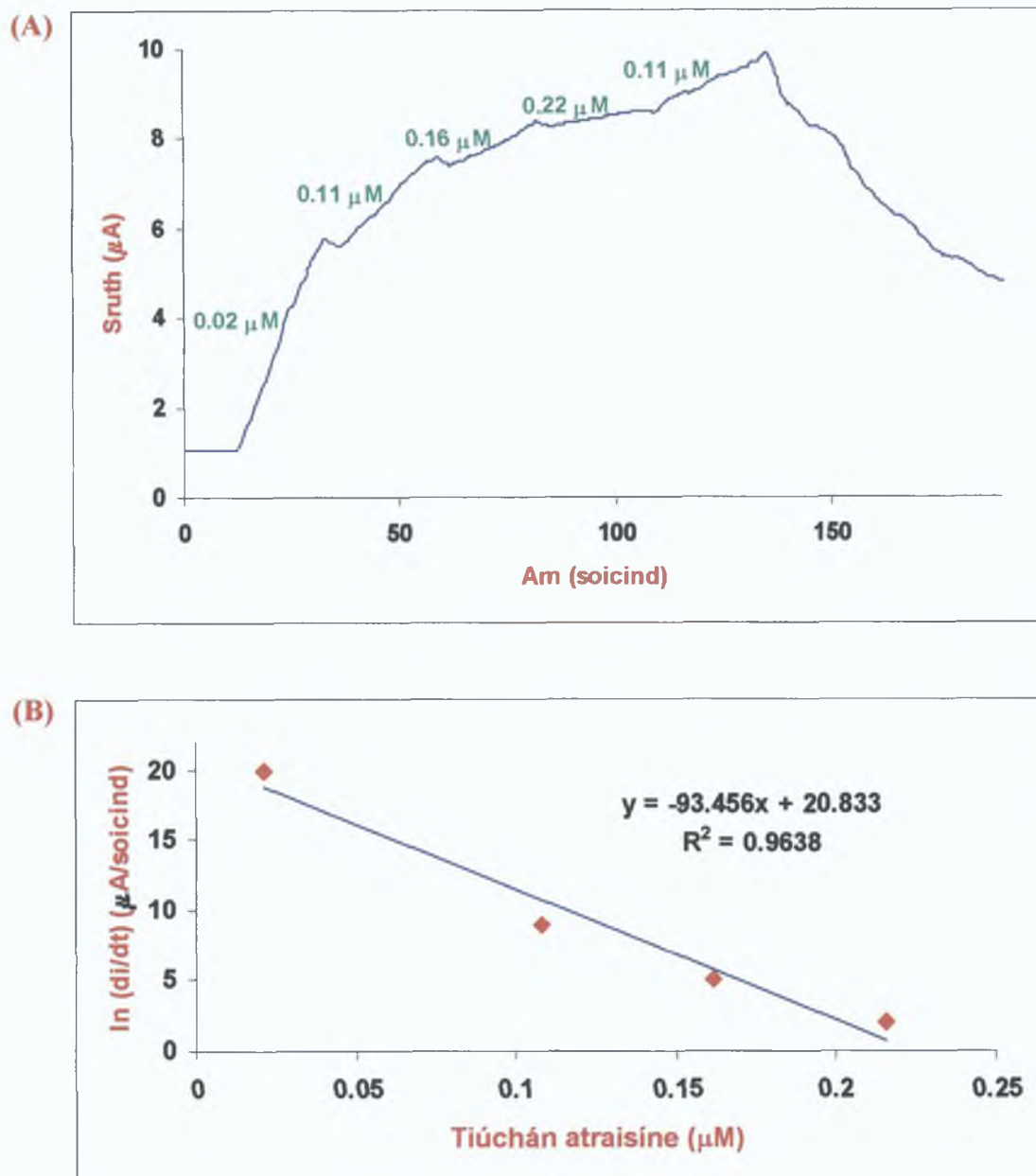


Figiúr 6.8: Anailis ilchalabraithe d'atraisín-SRF ar dhromchla aon leictreoid amháin (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Cuireadh caighdeánta de hatraisín-SRF ó $0.05 - 1.08\text{ }\mu\text{g/ml}$ thar dhromchla na leictreoid (A). Breacadh na rátaí líneacha thosaithe (línte phoncailthe) agus dearcadh cuair calabraithe de thiúchán atraisín-SRF (B) uathu siúd. Cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 1.0627x + 0.0529$, $r^2 = 0.9506$.



Figiúr 6.8: ar leanúint. Táirgeadh cuar calabraithe (C) as freagairtí normalaithe de thrí anailís ilchalabraithe d'atraisín-SRF, ina raibh cóimheas déanta ag gach ráta i dtaca le fána na freagartha ag 0.05 μg/ml. Cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 6.2443x + 0.3389$, $r^2 = 0.9534$.

Baineadh measúnacht iomaíoch amach d'atraisín le meascáin d'atraisín, d'atraisín-SRF agus den fhoshraith H_2O_2 iontu, a chur leis an gcóras in aon chéim amháin. Bhí sé seo i gcomhréireach leis na suimithe sheicheamhacha a úsáideadh le haghaidh anailís a dhéanamh ar aon leictreoid amháin, a úsáideadh cheana féin sa chóras sreatha seo [214]. Baineadh freagairtí cosúil leis an bhfreagairt i bhFigiúr 6.9 amach, leis an ngaol inbhéartach idir an tiúchán d'atraisín saora agus fána na freagrtha. D'fhéadfaí tiúcháin níos ísle d'atraisín a hathchur leis an gcóras tar éis tiúcháin airde a chur leis, a cruthaíonn nach raibh an córas sáithithe tar éis raon de thomhais leanúacha. Baineadh raon calabraithe idir 0.02 μM agus 0.22 μM amach leis an modh seo.



Figúir 6.9: Cuar ráitithe cinéiteach d'imdhiomheasúnacht iomaíoch d'atrasín ar LSP amháin a bhí clúdaithe le scAb d'atrasín (A) (-100 mV i dtaca le Ag/AgCl). Ní raibh an dromchla sáitithe i ndiaidh an turgnamh 2 nóiméide, cé gurbh fhéidir samplaí le tiúcháin níos ísle a thabhairt isteach chuige arís (sé sin, 0.11 μM i (A)) tar éis an turgnamh a chríochnú. Úsáideadh fána na freagrtha chun cuar calabraithe a dhearcadh, mar a thaispeántar i (B). Baineadh raon calabraithe idir 0.02 μM agus 2 μM amach. Cothromóid na dronlínean is fearr: $y = 93.456x + 20.833$, $r^2 = 0.9638$.

6.3 TÁTAIL

Taispeánadh gurbh fhéidir leis an imdhíonbhraiteoir seo anailís fíor-ama a dhéanamh ar haptain cosúil leis an lotnaidicíd atraisín trí úsáid a bhaint as cruthú imdhíonmheasúnach iomaíoch. Tá roinnt buntáistí bhunúsacha ag baint leis an gcóras seo i gcomparáid le himdhíonmheasúnachtaí thraidisiúnta. Sa chéad áit, níl aon ghá le céimeanna blocáilte, níocháin nó deighilte; sa dara háit, athraítear na freagairtí go díreach go comharthaí leictreacha; agus sa thriú háit, is féidir measúnachtaí a dhéanamh ag brath ar shonraí fhíor-ama. Cé gur taispeánadh gurbh fhéidir leis an gcóras bunaithe PANI/PVS oibriú trí shlí fíor-ama sa chóras baisce, nuair a chuireadh anailís sreabh insteallta leis agus nuair a úsáideadh bloghanna scAb in ionad imdhíonghlobailíní iomlán, laghdaíodh an teorainn bratha d'atrasín go 0.1 csb, mar atá ag teastáil ó reachtú Aontais na hEorpa agus domhnada faoi láthair. Is feabhas ceithre ord ar mhéid é seo, i gcomparáid leis an gcóras baisce a bhain úsáid as antashubstaintí iomlána [214]. Taispeánadh gur threo nua ab ea anailís ilchalbraithe aon-leictreoide, chun anailís fíor-ama a dhéanamh agus taispeánadh gurbh fhéidir anailís gan athghiniúint a dhéanamh ar rhaon de shamplaí agus caighdeánta ar dhromchla d'aon leictreoid amháin. Tiocfaidh laghdaithe sna hamanna anailíse, toirteanna samplacha agus inathraitheachtaí idir-leictreoide as úsáid a bhaint as an gcóras seo. As seo amach, d'fhéadfaí an córas a úsáid chun raon de thiúcháin chaighdeánta anailíse nó samplaí a thomhas.

Faoi láthair tá formáid na himdhíonbhraiteora oiriúnach do scrúdú sochaite aon-úsáideach a d'fhéadfadh údarais riailithe agus thionscail a úsáid le haghaidh gnáthscrúdaithe nó gnáthcriathaithe a dhéanamh ar láthair ina bhfuil amhras ann go bhfuil siad truaillithe. Tugadh an anailís cainníoch nó leathchainníoch ón gcóras seo, deis chun gníomh feabhais a dhéanamh, inar féidir samplaí a bhfuil amhras orthu a sheoladh chuig saotharlann lánach ionas gurbh fhéidir anailís níos cruinne a dhéanamh orthu le teicníochtaí anailiticiúla bhunaithe. Déanfaidh an modh oibre seo beagní den mhéid samplaí a chuireadh chun anailís níos casta agus níos costasaí agus cuirfidh sé feabhas tábhachtach ar éifeachtacht na saotharlainne anailiticiúla.

Caibidil a Seacht

Forbairtí Amach Anseo

7.1 FORBAIRTÍ AR CHUMADÓIREACHT BRAITEOIRÍ

Fáth amháin nár éirigh sa thráchtáil gnó le córais bhraiteora agus imdhíonbhraiteora a bhí foilsithe sa litríocht, ná go raibh sé deacair na modhanna casta a haistriú ón saotharlann go dtí oibrithe thionsclaíochta. Cé gur chumadh leictreoidí aonair le scáthlán-priontáil sa shaotharlann, cuireann deacrachtaí maidir le deascadh na cisil pholaiméireacha agus próitéine bac ar olltáirgeadh gléasanna neamh-chostacha agus atáirgeacha. Maidir leis an gcuid is mó d'imdhíonbhraiteoirí atá bunaithe ar LSP a thugadh cúntais orthu sa litríocht, bhí doghluaiseacht 'iarphriontáile' den bhithmhóilín do dhromchla na leictreoidé ar dhóigh ceimiceach nó leictriceimiceach ag teastáil. Dá bhrí sin, cé gurbh fhéidir olltáirgeadh a bhaint amach don fholeictreoid oibre le scáthlán-priontáil, de bharr na céimeanna níos faide anon, níorbh fhéidir ach aon bhithbhraiteoir amháin a ullmhú san iarraidh; dála nach n-oireann le coinníollacha olltáirgeacha. Nuair atá modhanna táirgeacha inneallta á bhunú do hoibrithe thaighde agus tráchtála, is fearr dearcadh simplí a chur leo, cé go mbeadh an próiseas indéanta ansin ó thaobh na ndéantóireachta de.

Cé go bhfuil cúntais ar fáil sa litríocht faoi dhúigh thaois charbóine a raibh éinsimí curtha leo [40, 94, 216], ní raibh tuairisc ar bith ar fáil faoi bhithbhraiteoirí thiús-scannáine a rinneadh as dúigh le hantashubstaintí iontu. Chomh maith le sin, bhain na bithbhraiteoirí einsime go léir úsáid as prionsabail leictriceimiceacha den dhara glúin ina raibh comhdhúil bhreise ag teastáil chun idirghabháil a dhéanamh ar an mheicníocht thraschuir leictreoin. Tá tuairiscí ar fáil faoi imdhíonbhraiteoirí a chruthaíodh as dúigh le hantashubstaintí iontu [217-218]. Ach cuireadh na dúigh seo le feadáin PVC, dá bhrí sin bhí na braiteoirí toirteach agus neamh-oiriúnach chun anailís iniompartha ar an láthair a bhaint amach leo. Chomh maith le sin, de bharr na toirteanna inmhéanacha de 85 ml a bhain leis na feadáin, bhí toirteanna thar meán de 283 ml ag taisteáil chun iad a líonadh, dá gcuirfí an costas a bhaineann le himoibrithe Ab san áireamh.

Is teicníocht bhunaithe í priontáil scairdúigh, inar féidir sreabháin a dheascadh go cruinne agus ag luas airde, le beagnach gach aon dhromchla, gan bhaint lena dhearcadh, lena chuma nó lena chomhshuíomh. Chuirfí na hairí seo an-sholúbthacht le dearcadh an bhraiteora déanta. D'fhéadfaí toirteanna picilitir a dheascadh, sa slí sin ag bronnadh cumadh neamhchostasach d'olltáirgeadh braiteoirí. Trí dhúigh le

próitéiní iontu a dheascadh go cruinn le leictreoidí oibrithe charbóin/PANI, d'fhéadfaí olltáirgeadh a bhaint amach ar chórais aon leictreoideacha trí mhodhanna meicniúla, gan castacht nó ceataí ar bith agus gan na moilleanna a bhaineann le nósanna leictreiceimiceacha. Chomh maith le sin, ní bheadh mórán foill as tuaslagáin Ab costasacha nó luachmhar curtha amú le priontáil scairdiúigh, rud a chuireann le buntáiseacht an phróisis. De bharr iléirimiúlacht na teicníochta seo, d'fhéadfaí braiteoirí il-anailite a tháirgeadh gan dua. Níl ach aon thuairisc amháin faoi phriontáil scairdiúigh de chomhábhair einsíme ar fáil sa litríocht [127]. Ach braiteoir den dhara gliún ab ea é, ina raibh maolairí thraschuir leictreoine breise ag teastáil. Go bhfios don údar, níor bhaineadh úsáid as priontáil scairdiúigh chun bithbhraiteoirí den thríú gliún, nó aon sort d'imdhíonbhraiteoir eile, a tháirgeadh.

Tá dílseánacht ag baint le comhshuíomhanna na dúigh charbóine, an dúigh Gwent mar dhúch acu agus dá bhrí sin, is deacair iad a hoptamú chun próitéiní agus comhábhair eile a chur leo. Chun smacht a choimeád ar thabhairt isteach an pholaiméire nó an phróitéin, d'fhéadfaí an taos carbóin a ullmhú sa shaotharlann, ionas go mbeadh an taighdeoir in ann smacht deiridh a choimeád ar chomhshuíomh agus nádúr an dhúigh. Taispeánadh cheana féin i gCaibidil 4, gur dóigh bhuntáisteach ab ea polaiméiriúchán ceimiceach in ionad leictreiceimiceach maidir le hil-leictreoidí a tháirgeadh, cé gurbh fhéidir an theicníocht a bhaint amach *in situ* agus ar an-chuid leictreoidí. D'fhéadfadh anailín polaiméirithe go ceimiceach nó cáithníní den fhoirm seoltach den pholaiméir, amaraíldín, a chur leis an dúigh. Trí Ab a doghluaiseacht go comhfhiúsach leis na leictreoidí, d'fhéadfaí an chuid leictreoidí a ullmhú ag an am chéanna agus mar sin, d'fhéadfaí olltáirgeadh ar an léibhéal antashubstainte a bhaint amach. Is céim ar aghaidh chun táirgeadh tráchtála a fháil i forbairt dúch déanta as carbón, polaiméir agus Ab. D'fhéadfaí réamfheiceáil a dhéanamh ar cheithre nósanna difriúla chun imdhíonbhraiteoirí a chruthú:

1. Scáthlán-priontáil ar mheascán de PANI agus Ab i dtaos bunaithe ar ghraifít,
2. Priontáil scairdhiúigh ar mheascán de PANI agus Ab i dtaos bunaithe ar ghraifít,
3. Scáthlán-priontáil ar thaos bunaithe ar charbón agus PANI agus ansin scáthlán-priontáil ar chiseal Ab,
4. Scáthlán-priontáil ar thaos bunaithe ar charbón agus PANI agus ansin priontáil scairdiúigh ar chiseal Ab.

Ó thaobh na teicníochta de, bheadh obair le déanamh ar fhorbairt na dúigh, ar na teicníochtaí phriontála agus bheadh carachtarachtaí fhisiceacha agus anailiseacha ar na dúigh agus ar na cisil priontáilte ag teastáil chomh maith. Chun gléas imdhionbhraiteora olltáirgeach a ullmhú, bheadh staidéar bunúsacha ag teastáil ar theicneolaíochtaí chumadóireachta, dearcadh na leictreoidé, mar aon le carachtaracht iomlán ar na próisis dhearcacha riachtanach.

7.1.1 Forbairtí dhúigh

Mar a léiríodh cheana féin i gCaibidil 1, bíonn comhábhair áirithe ag baint le dúigh thaois charbóine; an comhábhar gníomhach, sé sin graifít, ceanglóir nó roinnt ceanglóirí, tuaslagóir orgánach so-ghalaithe agus breiseáin a thugann carachtarachtaí fheidhmiúla don dhúch. Tá raon fairsing de cheanglóirí ar fáil, le polaraíochtaí agus slaodachtaí athraitheacha ag baint leo, agus ní mó an ceanglóir nó an meascán de cheanglóirí is oiriúnaí do scáthlán-priontáil agus do phriontáil scairdiúigh a roghnú, chun an PANI agus an Ab a choimeád i dtimpeallacht a n-oireann do idirghníomhaithe idir Ag agus an fhoshraith sa thuaslagán. Feictear go mbainfí úsáid as meascán de cheanglóirí intuaslagtha agus dothuaslagtha, chun na hAb a dhoghluaiseacht ionas go mbeifí in ann idirghabháil le Ag sa thuaslagán. Bheadh tuaslagóir le fiuchphointe níos ísle, mar shampla eistear le fiuchphointe níos ísle, ag teastáil chun dúch a fhorbairt mar ní bheadh teochtaí airde leasaithe ag teastáil, a d'fhéadfadh damáiste a dhéanamh do ghníomhacht na hAb. Nó de rogha air sin, d'fhéadfaí maolán fosfáite a úsáid in ionad an tuaslagóir orgánach chun é sin a bhaint amach. Ansin d'fhéadfaí an dúch le próitéin ann a leasadh ag teochtaí níos ísle, mar shampla i sreabh aeir fhuar nó ag teocht an tseomra thar glóthach shilice. Nó de mhalairt air sin, d'fhéadfaí airí chobhsaithe a chur leis an dúch chun an Ab a chur in aghaidh don phróiseas leasaithe.

7.1.2 Forbairtí i gcúrsaí phriontála

Go teoiriciúil, d'fhéadfaí úsáid a bhaint as teicneolaíochtaí thanascannánaithe agus thiúscannánaithe chun gléasanna a holltáirgeadh as na dúigh sin. Ach ní mó fearais agus áiseanna glanta a úsáid chun teicníochtaí thanascannánaithe a bhaint amach agus dá bhrí sin, tá an nós seo dodhéantach. Tá na cúrsaí thiúscannánaithe, cosúil le scáthlán-priontáil agus priontáil scairdiúigh, inmharthach ó thaobh na heacnamaíochta de, maidir le holltáirgeadh a bhaint amach ar leictreoidí. Tá cur síos déanta ar an obair seo cheana féin i gCaibidil 3 agus is nós priontáile bunaithe é scáthlán-priontáil. De bharr gur éirigh leo sa thionscadal páipéir, tá gléasanna cosúil le cinn phriontáile ar fáil go tráchtála. Is paraiméadair thábhachtacha a d'fhéadfaí a hoptamú don phróiseas priontáile iad méid an tsoic, treoluas agus brú na scaire, ach ba é an ceann is tábhachtaí ná réa-eolaíocht na dúiche sa shoic, mar is í sin a bheadh freagrach as cruthú na mbraoiníní. Bheadh na tuaslagáin de hanailín polaiméirithe go ceimiceach sár-oiriúnach do dheascáin mar seo.

Bheifí in ann na dúigh einsíme- nó Ab- oiriúnacha le haghaidh priontáil a dhéanamh leo ar chosáin sheoltacha airgid in aon chéim amháin, in ionad úsáid a bhaint as an bpróiseas il-cisealach deascadh. D'fhéadfaí braiteoirí a ullmhú trí úsáid a bhaint as scáthlán-priontáil amháin agus/nó trí mheascán de scáthlán-priontáil agus priontáil-scairdiúigh a úsáid. Ba cheart carachtaracht a dhéanamh ar na braiteoirí agus comparáid mar aon le codarsnacht a dhéanamh eatarthu trí úsáid a bhaint as raon de theicníochtaí fhisiciúla agus anailiticiúla.

7.1.3 Smachtú ar thiús an scannáin

Cé gur eiríodh le smacht a chur ar thiús an scannáin anailíne polaiméirithe go ceimiceach go pointe áirithe, fós bhí athruithe thiúise ann. Is í slí amháin chun an fadhb sin a sheachaint ná chun na leictreoidí a chriathrú ionas nach bhfágadh ach amháin na leictreoidí a bhfuil an tiús ceart ag baint leo, sa slí sin ag baint leictreoidí neamhoptamaithe den chomhlacht táirgeach. Mar a thaispeánadh cheana féin, tá gaol idir lucht na buaice sa voltmhéadagram cioglach de PANI/PVS agus tiús an scannáin. Ach dá gcuirfí an modh seo le holltáirgeadh leictreoidí, chuireadh an t-am agus an

castacht a bhaineann leis, bac ar tháirgeadh leictreoidí agus maolfáí é freisin, cé nárbh fhéidir anailís a dhéanamh ach ar aon leictreoid amháin ag uair áirithe. D'fhéadfaí gur thabharfaí dul chun cinn i dteicníochtaí speictreafótaiméadracha seans chun spot-tástáil a dhéanamh ar na scannáin dheascaithe, chun dath an scannáin polaiméire agus an tiús a thabhairt le chéile. I gcomparáid le modhanna leictriceimiceacha, bheadh an próiseas seo neamhmillteach agus ní thógadh sé an chuid is mó am chun é a bhaint amach.

Taispeánadh le déanaí gurbh fhéidir le hanailís dathmhéadrach cuingrithe le híomhú digiteach, anailís a dhéanamh ar rhaon de phoncanna le patrúin inatheanta ag baint leo [219]. D'fhéadfaí córas mar seo a chur leis an obair seo, trí úsáid a bhaint as dathmhéadar le dé-oid solas-astaíoch (DSA) nó cóiriú fótaidhé-óide, a d'fhéadfaí scanadh a dhéanamh ar gach dromchla leictreoidé agus déine an dhatha glais astaithe ón scannán PANI a bhrath. Cuireadh an modh seo tomhas ar fáil faoi thiús an scannáin polaiméire i gceann cúpla soicind. Nó de rogha air sin, d'fhéadfaí córas íomháu ar nós an 'Prism and Reflector Imaging Spectrometer System (PARISS®)' a úsáid chun cúrsaí roghnaíocha a dhéanamh. Tríd an córas seo a úsáid sa mhodh frithchaitheasach, gheofaí léamh ionsúiteach ag λ_{max} don sholas ghlais (ca. 500 nm). D'fhéadfaí cuar caighdeánach d'ionsúiteacht i gcoinne tiús a ullmhú as raon de scannáin PANI/PVS le tiúis chruthaitheacha agus cuireadh an léamh ionsúiteach den scannán a ullmhaíodh go ceimiceach le fios cé chomh tiubh is a bhí an scannán. Trí nós roghnaithe mar seo a úsáid, d'fhéadfaí leictreoidí leis an tiús optamaithe den pholaiméir a roghnú le haghaidh oibrithe bhraiteoireacha agus d'fhéadfaí na cinn eile a chaitheamh i bpaca. De bharr na costais tháirgeacha agus na hamanna ullmhaithe ísle a bhaineann le scannáin ullmhaithe go ceimiceach, dearmadaíodh aon chaifeacht a bhaineadh leis an nós seo.

7.1.4 Ceisteanna maidir le treoshuíomh próitéine

Mar a léiríodh cheana féin i gCaibidlí 3, 4 agus 5, tá carachtaracht ar gach gné den chóras braiteora fíor-thábhachtach do oibriú an bhraiteora déanta, go háirithe maidir le eolas faoi threoshuíomh agus dá bhri sin fíorghníomhaíocht na comhdhúile bhitheolaíocha dho-ghluaiste. Cuireadh bac ar anailís LSM a bhaint amach ar Ab

comhnasctha le collóideacha óra san obair seo, de bharr fodheilbheolaíocht na cisil pholaiméire, go háirithe ag na tiúcháin is airde de Ab. D'fhéadfadh deascacht de na tiúcháin chéanna de phróitéin ar dhromchlaí chothroime, mar shampla scannáin anailíne pholaiméirithe go ceimiceach, íomhá níos cruinne de dháileadh próitéin a chur ar fáil ag na léibhéil seo.

Ní mó a thuilleadh taighde a dhéanamh chun fadhbanna maidir le cobhsaíocht na hidirghníomhaithe próitéin/PANI/PVS a réitiú, chun stop a chur le díthiomsú na bithmhóilíní nó chun é a sheachaint. Ach d'fhéadfadh go mbeadh an t-idirghníomhú laige seo buntáisteach agus d'fhéadfaí úsáid a bhaint as chun athghiniúint a dhéanamh ar dhromchla na braiteora. Bheifí in ann an eachtra athghiniúna a bhaint amach ag an léibhéal Ab/Ag in ionad ag an léibhéal polaiméire nó ag an ionad braiteora agus sa slí sin, d'fhéadfaí níos mó ná aon úsáid amháin a bhaint as an gcóras. Bheadh buntáistí thábhachtacha ag baint leis an gcóras seo maidir le huathobriú na ngléasanna seo.

Cé gur thaispeánadh cheana féin go raibh dópáil leictriceimiceach agus nósanna tras-nasctha oiriúnach chun naisc a chruthú idir próitéin agus dromchlaí na leictreoidí, chruthfaí naisc níos láidre agus laghdófaí na rátaí dhíthiomsúchána le naisc chomhfhiúsacha, ionas gur mheadfaí na cobhsaíochtaí fhad-téarmacha den bhraiteoir. Chomh maith le sin, d'fhéadfadh go mbeadh nósanna mar seo níos oiriúnaí do Ab a chur leo, mar d'fhéadfaí na hAb a chur i láthair ionas go raibh a láthair nasctha nochta don thuaslagán samplach. Ba cheart scannáin pholaiméireacha orgánacha eile a fhiosrú mar oibreáin dho-ghluaiste, chun naisc hidreafóbacha agus/nó chomhfhiúsacha a chruthú leis an Ab. Dá mbainfí úsáid as díorthaigh anailíne úra le ceangailtí fheidhmeacha curtha leo ach iad locáilte ar a ndromchlaí, d'fhéadfaí polaiméirí a bheadh níos oiriúnaí do naisc chomhfhiúsacha le próitéiní a chur ar fáil. Is sampla de dhíorthach anailíne feidhmithe í polai(meatocsai-anailín sulfonáit) (PMAS), a bhfuil seoltacht ag baint léi suas go pH 14, dá bhrí sin ní bheadh an comhpholaiméir PVS ag teastáil a thuilleadh.

7.2 FORBAIRTÍ I bPRÓISIS MHEASÚNACHA

Ba cheart an córas braiteora atraisíne atá léirithe i gCaibidil 6 a úsáid chun anailís a dhéanamh ar fhíorshamplaí chun a n-indéantacht i máitrísí neamhmhaolánacha a fhiosrú. Ba cheart an tionchar trasnaíochta ó thréasaithe cosúil le simaisín agus próipaisín a fhiosrú freisin. Thabharfadh sé sin eolas faoi speiseacht an bhraiteora ar fáil, sé sin, an raibh sé speiciseach do ghrúpaí nó speiciseach d'atrasín amháin, cé gurbh fhéidir úsáid a bhaint as an dá cheann maidir le hanailís timpeallachta. Maidir le forbairtí i modhanna measúnachta a fheabhsaíodh agus a mhéadaíodh inoibritheacht an chórais seo, tá obair fós le déanamh maidir le húsáid a bhaint as na sonraí chinéiteacha, chun samhail níos cruinne a fháil do shonraí anailiticiúla aon-leictreoidé agus chun nós níos éifeachtaí agus níos inúsáidte a fhorbairt agus a chur ar fáil.

7.2.1 *Anailís chinéiteach ar idirghníomhaithe fhíníochta*

In éineacht leis an gcumas léibhéil faoi csb a thomhas, tig leis an gcóras fíor-ama i gCaibidil 6 eolas cinéiteacha faoi na hidirghníomhaithe Ab-Ag a chur ar fáil freisin. Cé gur féidir le cromatagrafaíocht fhíníochta agus teicníochtaí bunaithe ar MISNE an tairiseach cothromaíoch d'idirghníomhú a ríomh, tugann teicníochtaí fíor-ama cúntas níos cruinne ar fáil faoin bpróiseas nasctha trí eolas a chur ar fáil faoi na tairisigh rátaí chomhthiomsaithe agus dhithiomsaithe. Tá an t-eolas seo fíor-thábhachtach chun inoibreachta Ab a fhiosrú, mar uaireanta bíonn difríochtaí idir an t-am a thógadh siad chun cothromaíocht a bhaint amach, tréith nádúrtha de thairisigh rátaí chinéitice, ag baint le dhá antashubstaintí a bhfuil luachanna K_a cosúla ag baint leo. D'fhéadfadh go mbeadh sonraí mar seo úsáideach chun Ab a roghnú ó thaobh na finíochta de, trí Ab a roghnú trí phróiseas criathraithe. Ghin anailís idirghníomhaithe bithmhóilíneach fíor-ama leictriceimiceach cuair nascaithe inar féidir na paraiméadair chinéitice a ríomh uathu. Bhí na patrúin chomhthiomsaithe/dhéthiomsaithe a bhain leis na freagairtí cuair rátaí a bhfaightear, cosúil leis na freagairtí a bhfaightear le córais fíor-ama eile cosúil leis an gcóras BIAcore™. Tá anailís chinéiteach ceart ar na sonraí ó na cuair rátaí seo fós le déanamh. D'fhéadfadh gur chuirfeadh sé seo anailís **chodacha**

faoi na heachtraí nasctha san áireamh. Chuirfeadh na sonraí seo tuiscint níos cruinne ar fáil, faoi na heachtraí nasctha casta a tharlaíonn ar dromchla na leictreoid.

7.2.2 Feabhsaithe i tsamhaltú próisis il-samplacha aon-leictreoid

Cé gur oir cuair líneacha leis na measúnaigh aon-leictreoid chalabracha agus iomaíocha, bhí sé soiléir ó na sonraí anailise il-calabraithe a ghineadh, nach n-oir na cuair seo na sonraí faoi leith, cé go raibh treocht súdlíneach soiléir iontu. D'fhéadfadh go mbeadh oir níos fearr ar fáil trí bhreacadh logartamach a dhéanamh, trí dhronlíne níos cruinne a ghineadh óna bhféadfaí samplaí anaithnide a heachtarshuí. Faoi láthair, ní féidir ach cúig shamplaí ar a mhéad a chur le aon dromchla amháin, thar tréimse amanna de dhá nóiméad.

7.2.3 Feabhsaithe maidir le héifeachtaí mheasúnacha

D'fhéadfadh gur chuirfeadh dhá nósanna difriúla le feabhsú an chórais seo; nós calabrá dhá-poncanna agus nós le níos mó uathoibriú ag baint leis. Trí chalabrá dhá-ponca a úsáid in ionad nós ceithre-ponca, d'fhéadfaí anailís a dhéanamh ar dhá nó ar thrí shamplaí dhifriúla ar aon leictreoid amháin. Trí chórais sheolta níos solabraí agus níos uathoibrí a úsáid, d'fhéadfaí samplaí a chur thar dhromchla na leictreoid i dtréimshí níos giorra, sa slí sin ag cur leis an méid de shamplaí a d'fhéadfaí anailís a dhéanamh orthu. Mar shampla, tríd na himdhíonbhraiteoirí seo a chur le mionchartús sreabha, d'fhéadfaí na samplaí, caighdeánta agus foshraitheanna a mheascadh le chéile agus a chur thar dhromchla na leictreoid, sa slí sin ag déanamh beagní d'idirghabháil ón úsáideoir. D'fhéadfadh córas mar seo an mheasúnacht a chur i ngléas discrídeach iomlán ann féin, a d'fhéadfadh duine neamhoilte a úsáid ar an láthair.

7.3 ACHOIMRE AGUS GNÓTHAÍ GHINEARÁLTA

Tar éis an obair sa chaibidil seo a críochnú, chuirfí buntáistí thábhachtacha ar fáil don phobal bithbhraiteora go ginearálta. Maidir le forbairtí imdhíonbhraiteora ó thaobh na heacanamaíochta agus na soisialta de, bheadh tionchair thábhachtacha ag baint le forbairt dúigh le próitéin iontu agus tríd iad a chur le teicníochtaí phriontála scairdiúigh agus scáthlán-priontála. Cé gurbh fhéidir le a lán imdhíonbhraiteoirí na teorainn bhratha do rhaon d'anailítí mheidiciúla, thimpeallachta agus thionsclaíochta a bhaint amach, de bharr na fadhbanna a bhaineann lena dtáirgeadh ar an mór-chuid, ní bhaintear úsáid astu go forleathan fós. Cuireann an obair sa mhír seo nós eile ar fáil in ionad ullmhú imdhíonbhraiteora casta a thógann a lán am le déanamh. Cé go bhfuil na teicníochtaí phriontála seo bunaithe agus cé go mbaintear úsáid astu i réimsí dhéantóireachta eile, chuirfeadh siad nós nua agus praicticiúl ar fáil maidir le dearcadh imdhíonbhraiteoirí. Bheadh a n-úsáid sa rhéimse imdhíonbhraiteora réasúnta agus neamhchastacha. Is í scáthlán-priontáil an rogha de mhodh chun braiteoirí a tháirgeadh le haghaidh monatóireacht a dhéanamh ar léibhéil shiúcra fola in othair atá ag fulaingt as dhiabéiteas. Is próiseas priontáile neamhtheagmhála é priontáil scairdiúigh. Is furasta é a chur isteach, ní thógann sé an iomarca spas ar an líne tháirgeach agus is féidir úsáid a bhaint as ar-líne. Tá tarraingt ag baint leis an bpróiseas táirgeadh seo ó thaobh na ndéantúsaíochta de agus tá an cumas aige ceannach a fháil air sa mhargadh tráchtála do ghléasanna imdhíonbhraiteora.

Bheadh tionchair thábhachtacha ag na gléasanna seo ó thaobh na soisialta de freisin. Thabharfadh na claonacha i dtreo gléasanna braitheora láimhe ceallracha, deis chun úsáid a bhaint as na himdhíonbhraiteoirí seo le haghaidh anailís dhíláráithe ar an láthair a bhaint amach i raon fairsing de réimshí. De bharr an nádúr ginearálta a bhaineann leis an gcóras imdhíonmheasúnach, is féidir measúnacht eile a ghineadh trí Ab difriúl a chur in áit an Ab atá á úsáid. Dá bhrí sin, is féidir braiteoirí a tháirgeadh i gcór na réimsí thimpeallachta, leighis agus tionsclaíochta. Chuirfí anailís ar an láthair ar fáil agus d'fhéadfaí aire na n-othair a haistriú ón saotharlann lárnach go teach an othair nó oifig an dochtúra. Ó thaobh na timpeallachta de, chuirfeadh gléasanna imdhíonbhraiteora iniompartha, monatóireacht tapaidh de thocsainí ar fáil, ionas gurbh fhéidir cúrsaí cheartúchána a bhaint amach láithreach.

Is féidir buntáistí eile a réamhfheiceáil ó fhorbairt a dhéanamh ar na braiteoirí agus na teicníochtaí phriontála seo. Go traidisiúnta, bíonn nósanna garbh ag teastáil le hidirghníomhaithe Ab-Ag chun na naisc láidre eatarthu a bhriseadh. D'fhéadfadh na coinníollacha seo damáiste a dhéanamh don chiseal Ab agus dá bhri sin, go dtí seo b'iad gléasanna sochaite aon-úsáideacha iad an chuid is mó d'imdhíonbhraiteoirí a thugadh tuairiscí orthu. Trí na mionathruithe do na nósanna ullmhaithe atá molta san obair seo a dhéanamh, d'fhéadfadh dromchla lán d'antashubstaintí a chur ar fáil do mheasúnacht eile, trí athghiniúint simplí a dhéanamh ar dhromchla na leictreoid. Sa slí sin, ní gá go mbeadh na braiteoirí phriontáilte sochaite tar éis aon úsáid amháin agus d'fhéadfaí iltomhais a dhéanamh leo. Gheofaí an modh seo an ceann is fearr ar fhadhbanna dochúlaithe a bhaineann leis an gcuid is mó d'imdhíonbhraiteoirí. Chomh maith le sin, d'fhéadfaí gléasanna ilbhraiteora agus micreabhraiteora a dhearcadh agus a tháirgeadh tríd an theicníocht scairdiúigh faoi leith a úsáid. Chuirfeadh an obair seo an-chuid faill eile ar fáil chun a thuilleadh taighde a dhéanamh sa todhchaí.

TAGAIRTÍ

- 1 Roitt, I.M. (1997), *Roitt's Essential Immunology 9th Edition*, Blackwell Science (Oxford).
- 2 Killard, A.J., Deasy, B., O'Kennedy, R., Smyth, M.R., *TrAC*, **14**(6) (1995) 257-265.
- 3 Köhler, G., Milstein, C., *Nature*, **256** (1975) 495-497.
- 4 George, A.J.T. & Urch, C.E., Eds. (2000), *Diagnostic & Therapeutic Antibodies*, Humana Press Inc. (New Jersey).
- 5 Riechmann, L., Foote, G., Winter, G. J., *J. Mol. Biol.*, **203** (1988) 825-831.
- 6 Azzazy, H.M.E. & Highsmith Jr., W.E., *Clin. Biochem.*, **35** (2002) 425-445.
- 7 Kramer, K., *J. Immunol. Meth.*, **226** (2002) 209-220.
- 8 Emanuel, P., O'Brien, T., Burans, J., DasGupta, B.R., Valdes, J.J., Eldefrawi, M., *J. Immunol. Meth.*, **193** (1996) 189-197.
- 9 Malmborg, A.C. & Borrebaeck, C.A.K., *J. Immunol. Meth.*, **183** (1995) 7-13.
- 10 Cupit, P.M., Whyte, J.A., Porter, A.J., Browne, M.J., Holmes, S.D., Harris, W.J., Cunningham, C., *Lett. Appl. Microbiol.*, **29** (1999) 272-277.
- 11 Strachan, G., Grant, S.D., Learmonth, D., Longstaff, M., Porter, A.J., Harris, W.J., *Biosens. Bioelec.*, **13** (1998) 665-673.
- 12 Brinkmann, U., Chowdhury, P.S., Roscoe, D.M., Pastan, I., *J. Immunol. Meth.*, **182** (1995) 41-50.
- 13 McGregor, D.P., Molloy, P.E., Cunningham, C., Harris, W.J., *Mol. Immunol.*, **31**(3) (1994) 219-226.
- 14 Strachan, G., Whyte, J.A., Molloy, P.M., Paton, G.I., Porter, A.J.R., *Environ. Sci. Technol.*, **34** (2000) 1603-1608.
- 15 Emanuel, P.A., Dang, J., Gebhardt, J.S., Aldrich, J., Garber, E.A.E., Kulaga, H., Stopa, P., Valdes, J.J., Dion-Schultz, A., *Biosens. Bioelec.*, **14** (2000) 751-759.
- 16 Harris, R.D., Luff, B.J., Wilkinson, J.S., Piehler, J., Brecht, A., Gauglitz, G., Abuknesha, R.A., *Biosens. Bioelec.*, **14** (1999) 377-386.

- 17 Kerschbaumer, R.J., Hirschl, S., Kaufmann, A. Ibl, M., Koenig, R., Himmler, G., *Anal. Biochem.*, **249** (1997) 219-227.
- 18 Williams, S., Porter, A.J., Learmonth, D., Grant, S.D., Strachan, G., Harris, W.J., *Immunotechnol.*, **2(4)** (1996) 307.
- 19 Scholthof, K.-B.G., Zhang, G., Karu, A.E., *J. Agric. Food Chem.*, **45** (1997) 1509-1517.
- 20 Tijssen, P. (1985), *Practice and Theory of Immunoassay*, Elsevier, (Oxford).
- 21 Tang, T.-C., Deng, A., Huang, H.-J., *Anal. Chem.*, **74** (2002) 2617-2621.
- 22 Ghindilis, A.L., Atanasov, P., Wilkins, M., Wilkins, E., *Biosens. Bioelec.*, **13(1)** (1998) 113-131.
- 23 Gill, A., Leatherbarrow, R.J., Hoare, M., Pollard-Knight, D.V., Lowe, P.A., Fortune, D.H., *J. Biotechnol.*, **48** (1996) 117-217.
- 24 Van Es, R.M., Setford, S.J., Blankwater, Y.J., Meijer, D., *Anal. Chim. Acta*, **429** (2001) 37-47.
- 25 Minett, A.I., Barisci, J.N., Wallace, G.G., *Reactive & Functional Poly.*, **53** (2002) 217-227.
- 26 Loh, F.C., Tan, K.L., Kang, E.T., Kato, K., Uyama, Y., Ikada, Y., *Surface Interface Anal.*, **24** (1996) 597-604.
- 27 Lukachova, L.V., Karyakin, A.A., Karyakina, E.E., Gorton, L., *Sens. Actua.*, **B 44**, (1997) 356-360.
- 28 Lu, B., Smyth, M.R., O'Kennedy, R., *Analyst*, **121** (1996) 29R-32R.
- 29 Lippa, P.B., Sokoll, L.J., Chan, D.W., *Clin. Chim. Acta*, **314** (2001) 1-26.
- 30 Darain, F., Park, S.-U., Shim, Y.-B., *Biosens. Bioelec.*, **18(5-6)** (2003) 773-780.
- 31 Padeste, C., Grubelnik, A., Tiefenauer, L., *Anal. Chim. Acta*, **374** (1998) 167-176.
- 32 Cosnier, S., *Biosens. Bioelec.*, **14** (1999) 443-456.
- 33 Bartlett, P.N., Ali, Z., Eastwick-Field, V., *J. Chem. Soc. Farad. Trans.*, **88(18)** (1992) 2677-2683.
- 34 Eftekhari, A., *Sens. Actua.*, **B 80** (2001) 283-289.
- 35 Mu, S., *J. Electroanal. Chem.*, **370** (1994) 135-139.
- 36 Yang, Y. & Mu, S., *J. Electroanal. Chem.*, **432** (1997) 71-78.

- 37 Gizeli, E., Liley, M., Lowe, C. R., Vogel, H., *Anal. Chem.*, **69** (1997) 4808-4813.
- 38 Nikolelis, D.P., Siontorou, C. G., Andreou, V. G., Krull, U.J., *Electroanal.*, **7(6)** (1995) 531-536.
- 39 Vagin, M.Y., Karyakina, E.E., Hianik, T., Karyakin, A.A., *Biosens. Bioelec.*, **18** (2003) 1031-1037.
- 40 Albareda-Sirvent, M., Merkoçi, A., Alegret, S., *Sens. Actua.*, **B 79** (2001) 48-57.
- 41 Thévenot D.R., Toth, K., Durst, R.A., Wilson, G.S., *Pure Appl. Chem.*, **71(12)** (1999) 2333-2348.
- 42 Stefan, R.-I., van Staden, J.F.K., Aboul-Enein, H.Y., *Fresen. J. Anal. Chem.*, **336** (2000) 659-668.
- 43 Sand, T.T., Zielinski, I.E., Arthur, C., Bradley, D., Wie, S., *Biosensors 2002 Conference*, Kyoto, Japan, 15-17 May 2002.
- 44 Brynda, E., Houska, M., Brandenburg, A., Wikerstal, A., *Biosens. Bioelec.*, **17** (2002) 665-675.
- 45 Petrou, P.S., Kakabakos, S.E., Christofidis, I., Argitis, P., Misiakos, K., *Biosens. Bioelec.*, **17** (2002) 261-268.
- 46 Barzen, C., Brecht, A., Gauglitz, G., *Biosens. Bioelec.*, **17** (2002) 289-295.
- 47 Koch, S., Wolf, H., Danapel, C., Feller, K.A., *Biosens. Bioelec.*, **14** (2000) 779-784.
- 48 Turiel, E., Fernández, P., Pérez-Conde, C., Gutiérrez, A.M., Cámara, C., *Talanta*, **47** (1998) 1255-1261.
- 49 Chegel, V.I., Shirshov, Yu.M., Piletskaya, E.V., Piletsky, S.A., *Sens. Actua.*, **B 48** (1998) 456-460.
- 50 Klotz, A., Brecht, A., Barzen, C., Gauglitz, G., Harris, R.D., Quigley, G.R., Wilkinson, J.S., Abuknesha, R.A., *Sens. Actua.*, **B 51** (1998) 181-187.
- 51 Meusel, M., Trau, D., Katerkamp, A., Meier, F., Polzius, R., Cammann, K., *Sens. Actua.*, **B 51** (1998) 249-255.
- 52 Skládal, P., Deng, A., Kolár, V., *Anal. Chim. Acta*, **399** (1999) 29-36.
- 53 Sandberg, R.G., Van Houten, L.J., Schwartz, J.L., Bigliano, R.P., Dallas, S.M., Silvia, J.C., Cabelli, M.A., Narayanswamy, V., *Amer. Chem. Soc. Symp. Ser.*, **8** (1992) 81-88.

- 54 Hart, J.P. & Wring, S.A., *TrAC*, **16(2)** (1997) 89-103.
- 55 Bäumner, A.J. & Schmid, R.D., *Biosens. Bioelec.*, **13** (1998) 519-529.
- 56 Eggins, B.R. (1996), *Biosensors: An Introduction*, Wiley (Chichester).
- 57 Clark Jr., L.C. & Lyons, C., *Ann. NY Acad. Sci.*, **102** (1962) 29-45.
- 58 Pritchard D.J., Morgan, H., Cooper, J.M., *Anal. Chim. Acta*, **310** (1995) 251-256.
- 59 Wendzinski, F., Grundig, B., Renneberg, R., Spener, F., *Biosens. Bioelec.*, **12(1)** (1997) 43-52.
- 60 Ito, Y., Yamazaki, S., Kano, K., Ikeda, T., *Biosens. Bioelec.*, **17** (2002) 993-998.
- 61 Nagata, R., Clark, S.A., Yokoyama, K., Tamiya, E., Karube, I., *Anal. Chim. Acta*, **304** (1995) 157-164.
- 62 Jin, Z., Su, Y., Duan, Y., *Synth. Met.*, **122** (2001) 237-242.
- 63 Bilitewski, U. in Costa, G. & Miertus, S. Eds. *Proceedings of the Conference on Trends in Analytical Biosensors* (1992), World Scientific, (Singapore).
- 64 Bard, A.J. & Faulkner, L.R. (2001), *Electrochemical Methods – Fundamentals and Applications*, Wiley (New York).
- 65 Rusling, J.F. & Suib, S.L., *Adv. Mater.*, **6(12)** (1994) 922-930.
- 66 Morgan, C.L., Newman, D.J., Price, C.P., *Clin. Chem.*, **42(2)** (1996) 193-209.
- 67 Wang, J., Tian, B., Rogers, K.R., *Anal. Chem.*, **70** (1998) 1682-1685.
- 68 Janata, J., *J. Am. Chem. Soc.*, **97** (1975) 2914-2916.
- 69 Sergeyeva, T.A., Soldatkin, A.P., Rachkov, A.E., Tereschenko, M.I., Piletsky, S.A., El'skaya, A.V., *Anal. Chim. Acta.*, **390** (1999) 73-81.
- 70 Cho, W.-J. & Huang, H.-J., *Anal. Chem.*, **70** (1998) 3946-3951.
- 71 Arnold, F.H., Zheng, W., Michaels, A.S., *J. Membrane Sci.*, **167** (2000) 227-239.
- 72 Kim, J.-H., Cho, J.-H., Cha, G.S., Lee, C.-W., Kim, H.-B., Paek, S.-H., *Biosens. Bioelec.*, **14** (2000) 907-915.
- 73 Erlenkötter, A., Kottbus, M., Chemnitius, G.-C., *J. Electroanal. Chem.*, **481** (2000) 82-94.
- 74 Kaláb, T. & Skládal, P., *Anal. Chim. Acta*, **304** (1995) 361-368.
- 75 Engstrom, R.C., *Anal. Chem.*, **54** (1982) 2310-2314.

- 76 Štulík, K., *Electroanal.*, **4** (1992) 829-834.
- 77 Vettorazzi, N., Otero, L., Sereno, L., *Electrochim. Acta*, **44** (1998) 345-352.
- 78 Field, J.S., & Swain, M.V., *Carbon*, **1996**, 34(11), 1357-1366.
- 79 Cui, G., Yoo, J.H., Lee, J., Yoo, J.S., Yoo, J., Uhm, J.H., Cha, G.S., Nam, H., *Analyst*, **126** (2001) 1399-1403.
- 80 Durrant, W.R. Ed. (1989), *Printing – A Guide to Systems and Their Uses*, Heinemann (Oxford).
- 81 Leach, R.H., Pierce, R.J., Eds. (1999), *The Printing Ink Manual*, 5th Ed., Kluwer Academic (Dordrecht).
- 82 Fährnich, K.A., Pravda, M., Guilbault, G.G., *Biosens. Bioelec.*, **18** (2003) 73-82.
- 83 de Mattos, I.L., Gorton, L., Ruzgas, T., *Biosens. Bioelec.*, **18** (2003) 193-200.
- 84 Chang, S.C., Rawson, K., McNeil, C.J., *Biosens. Bioelec.*, **17** (2002) 1015-1023.
- 85 Collier, W.A., Clear, M., Hart, A.L., *Biosens. Bioelec.*, **17** (2002) 815-819.
- 86 Kreuzer, M.P., Pravda, M., O'Sullivan, C.K., Guilbault, G.G., *Talanta*, **40** (2002) 1267-1274.
- 87 Lewis, B.D., *Clin. Chem.*, **38(10)** (1992) 2093-2095.
- 88 Peacock, J., Berrill, C., Barnard, M. Eds. (1990), *The Print and Production Manual 5th Ed.*, Blueprint Publishing (London).
- 89 Kröger S. & Turner, A.P.F., *Anal. Chim. Acta*, **347** (1997) 9-18.
- 90 Silber, A., Bisenberger, M., Bräuchle, C., Hampp, N., *Sens. Actua.*, **B 30** (1996) 127-132.
- 91 Skládal, P. & Kaláb, T., *Anal. Chim. Acta*, **316** (1995) 73-78.
- 92 Kaláb, T. & Skládal, P., *Electroanal.*, **9(4)** (1997) 293-297.
- 93 Rohm, I., Genrich, M., Collier, W., Bilitewski, U., *Analyst*, **121** (1996) 877-881.
- 94 Rogers, K.R., Becker, J.Y., Cembrano, J., Chough, S.H., *Talanta*, **54** (2001) 1059-1065.
- 95 Li, J.-P., Peng, T.-Z., Fang, C., *Anal. Chim. Acta*, **455** (2002) 53-60.
- 96 Wang, J., Pedrero, M., Sakslund, H., Hammerich, O., Pingarron, J., *Analyst*, **121** (1996) 345-350.

- 97 Wang, J., Tian, B., Nascimento, V.B., Angnes, L., *Electrochim. Acta*, **43(23)** (1998) 3459-3465.
- 98 Pravda, M., O'Meara, C., Guilbault, G.G., *Talanta*, **54** (2001) 887-892.
- 99 DuVall, S.H. & McCreery, R.L., *Anal. Chem.*, **71** (1999) 4594-4602.
- 100 Wang J., Kirgöz, Ü, A., Mo, J.-W., Lu, J., Kawde, A.N., Muck, A., *Electrochem. Commun.*, **3** (2001) 203-208.
- 101 Seddon B.J., Osborne, M.D., Lagger, G., Dryfe, R.A.W., Loyall, U., Schäfer, H., Girault, H.H., *Electrochim. Acta*, **42(12)** (1997) 1883-1894.
- 102 Sotiropoulou, S., Gavalas, V., Vamvakaki, V., Chaniotakis, *Biosens. Bioelec.*, **18** (2003) 211-215.
- 103 Bakker, E. & Telting-Diaz, M., *Anal. Chem.*, **74** (2002) 2781-2800.
- 104 Karube, I. & Nomura, Y., *J. Mol. Cat. B: Enzymatic*, **10** (2002) 177-181.
- 105 Mallat, E., Barceló, D., Barzen, C., Gauglitz, G., Abuknesha, R., *TrAC*, **20(3)** (2001) 124-132.
- 106 Mulchandani, A., Chen, W., Mulchandani, P., Wang, J., Rogers, K.R., *Biosens. Bioelec.*, **16** (2001) 225-230.
- 107 Keay, R.W. & McNeil, C.J., *Biosens. Bioelec.*, **13** (1998) 963-970.
- 108 Dzantiev, B.B., Zherdev, A.V., Yulaev, M.F., Sitdikov, R.A., Dmitrieva, N.M., Moreva, I. Yu., *Biosens. Bioelec.*, **11(1-2)** (1996) 179-185.
- 109 Vianello, F., Signor, L., Pizzariello, A., Di Paolo, M.L., Scarpa, M., Hock, B., Giersch, T., Rigo, A, *Biosens. Bioelec.*, **13(1)** 1998 45-53.
- 110 Fernández Romero, J.M., Stiene, M., Kast, R., Luque de Castro, M.D., Bilitewski, U., *Biosens. Bioelec.*, **13** (1998) 1107-1115.
- 111 Kröger S, Setford, S.J., Turner, A.P.F., *Anal. Chem.*, **70** (1998) 5047-5053.
- 112 Wilmer, M., Trau, D., Renneberg, R., Spener, F., *Anal. Lett.*, **30(3)** (1997) 515-525.
- 113 Parellada, J., Narváez, A., López, M.A., Domínguez, E., Fernández, J.J., Pavlov, V., Katakis, I., *Anal. Chim. Acta*, **362** (1998) 47-57.
- 114 Trau, D., Theuerl, T., Wilmer, M., Meusel, M., Spener, F., *Biosens. Bioelec.*, **12(6)** (1997) 499-510.
- 115 Khomutov, S.M., Zherdev, A.V., Dzantiev, B.B., Reshetilov, A.N., *Anal. Lett.*, **27(15)** (1994) 2983-2995.
- 116 Zeravik, J., Ruzgas, T., Fránek, M., *Biosens. Bioelec.*, **18** (2003) 1321-1327.

- 117 Killard, A.J., Zhang, S., Zhao, H., John, R., Iwuoha, E.I., Smyth, M.R., *Anal. Chim. Acta*, **400** (1999) 109-119.
- 118 Goodrow, M.H., Harrison, R.O., Hammock, B.D., *J. Agric. Food Chem.*, **38** (1990) 990-996.
- 119 Charlton, K., Harris, W.J., Porter, A.J., *Biosens. Bioelec.*, **16** (2001) 639-646.
- 120 Parente, A.H., Marques Jr., E.T.A., Azevedo, W.M., Diniz, F.B., Melo, E.H.M., Lima Filho, J.L., *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **37(3)** (1992) 267-273.
- 121 Lu, B., Iwuoha, E.I., Smyth, M.R., O'Kenedy, R. *Anal. Commun.*, **34** (1997) 21-24.
- 122 Li, Y.-G., Zhou, Y.-X., Feng, J.-L., Jiang, Z.-H., Ma, L.-R., *Anal. Chim. Acta*, **382** (1999) 277-282.
- 123 NanoScope® Command Reference Manual (2000), Digital Instruments, Inc. (Santa Barbara), 12.41 – 12.44.
- 124 Wang, J., Pedrero, M., Sakslund, H., Hammerich, O., Pingarron, J., *Analyst*, **121** (1996) 345-350.
- 125 Lewis, B.D., *Clin. Chem.*, **38** (1992) 2093-2095.
- 126 Wang, J., Tian, B., Nascimento, V.B., Angnes, L., *Electrochim. Acta*, **43(23)** (1998) 3459-3465.
- 127 Newman, J.D., Turner, A.P.F., Marrazza, G., *Anal. Chim. Acta*, **262** (1992) 13-17.
- 128 Green, N.H., Allen, S., Davies, M.C., Roberts, C.J., Tendler, S.J.B., Williams, P.M., *TrAC*, **21(1)** (2002) 64-73.
- 129 Rice, M.E., Galus, Z., Adams, R.N., *J. Electroanal. Chem.*, **143** (1983) 89-102.
- 130 Adamson, A.W. (1990), *Physical Chemistry of Surfaces*, 5th Ed., Wiley (New York).
- 131 Engstrom, R.C. & Strasser, V.A., *Anal. Chem.*, **56** (1984) 136-141.
- 132 Bagel, O., Limoges, B., Schöllhorn, B., Degrand, C., *Anal. Chem.*, **69** (1997) 4688-4694.
- 133 Ray, K.G. III & McCreery, R.L., *J. Electroanal. Chem.*, **469** (1999) 150-158.
- 134 Bodalbhai, L. & Brajter-Toth, A., *Anal. Chem.*, **60** (1988) 2557-2561.

- 135 Osborne, M.D., Seddon, B.J., Dryfe, R.A.W., Lager, G., Loyall, U., Schäfer, H., Girault, H.H., *J. Electroanal. Chem.*, **417** (1996) 5-15.
- 136 Bodalbhai, L. & Brajter-Toth, A., *Anal. Chim. Acta*, **231** (1990) 191-201.
- 137 Imisides, M.D., John, R., Riley, P.J., Wallace, G.G., *Electroanal.*, **3** (1991) 879-889.
- 138 Nicholson, R.S., *Anal. Chem.*, **37**(11) (1965) 1351-1355.
- 139 Trivedi, D.C. in Nalwa, H.S., Ed. (1997), *Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers: Vol. 2. Conductive Polymers: Synthesis and Electrical Properties*, John Wiley & Sons (New York).
- 140 Ramanaviciene, A., Ramanavicius, A., *Crit. Rev. Anal. Chem.*, **B 18-19** (1994) 166-170.
- 141 Iwuoha, E.I., Saenz de Villaverde, D., Garcia, N.P., Smyth, M.R., Pingarron, J.M., *Biosens. Bioelec.*, **12**(8) (1997) 749-761.
- 142 Sergeyeva, T.A., Lavrik, N.V., Piletsky, S.A., Rachkov, A.E., El'skaya, A.V., *Sens. Actua.*, **B 34** (1996) 283-288.
- 143 Centonze, D., Guerrieri, A., Palmisano, F., Torsi, L., Zambonin, P.G., *Fres. J. Anal. Chem.*, **349** (1994) 497-501.
- 144 Lewis, T.W., Wallace, G.G., Smyth, M.R., *Analyst*, **124** (1999) 213-219.
- 145 Giz, M.J., de Albuquerque Maranhão, S.L., Torresi, R.M., *Electrochem. Commun.*, **2** (2000) 377-381.
- 146 Yang, H. & Bard, A.J., *J. Electroanal. Chem.*, **339** (1992) 423-449.
- 147 Naudin, E., Gouérec, P., Bélanger, D., *J. Electroanal. Chem.*, **459** (1998) 1-7.
- 148 Zotti, G., Cattarin, S., Comisso, N., *J. Electroanal. Chem.*, **239** (1988) 387-396.
- 149 Duic, L. & Grigic, S., *Electrochim. Acta*, **46** (2001) 2795-2803.
- 150 Lu, B., Iwuoha, E.I., Smyth, M.R., O'Kennedy, R., *Anal. Chim. Acta*, **345** (1998) 59-66.
- 151 Michaelson, J.C., McEvoy, A.J., Gratzel, M., *Synth. Met.*, **55-57** (1993) 1564-1569.
- 152 Pekmez, N., Pekmez, K., Yildiz, A., *J. Electroanal. Chem.*, **370** (1994) 223-229.
- 153 Camalet, J.-L., Lacroix, J.-C., Dung Nguyen, T., Aeiyaich, S., Pham, M.C., Petitjean, J., Lacaze, P.-C., *J. Electroanal. Chem.*, **485** (2000) 13-20.

- 154 Wallace, G.G., Smyth, M.R., Zhao, H., *TrAC*, **18(4)** (1999) 245-251.
- 155 Deng, Z., Stone, D.C., Thompson, M., *Analyst*, **122** (1997) 1129-1138.
- 156 Motheo, A.J., Santos Jr., J.R., Venancio, E.C., Mattoso, L.H.C., *Polymer*, **39(26)** (1998) 6977-6982.
- 157 Lyons, M.E.G., Lyons, C.H., Fitzgerald, C., Bannon, T., *Analyst*, **118** (1993) 361-369.
- 158 Mu, S. & Xue, H., *Sens. Actua.*, **B 31**, (1996) 155-160.
- 159 Shepherd, R.L., *PhD Thesis*, **2001**, University of Wollongong.
- 160 Bartlett, P.N., Gardner, J.W., Whitaker, R.G., *Sens. Actua.*, **B A21-A23** (1990) 911-914.
- 161 Witkowski, A., Freund, M.S., Brajter-Toth, A., *Anal. Chem.*, **63** (1991) 622-626.
- 162 Kang, E.T., Neoh, K.G., Pun, M.Y., Tan, K.L., Loh, F.C., *Synth. Met.*, **69** (1995) 105-108.
- 163 Yang, A., Han, S., Yang, T., Ye, L., Ma, H., Cheng, C., *Appl. Surf. Sci.*, **161(1-2)** (2000) 279-285.
- 164 Shigesato, Y., Koshi-ishi, R., Kawashima, T., Ohsako, J., *Vacuum*, **59** (2000) 614-621.
- 165 Herrero, J. & Guillén, C., *Vacuum*, **67** (2002) 611-616.
- 166 Ektessabi, A.M. & Yamaguchi, K., *Thin Solid Films*, **377-378** (2000) 793-797.
- 167 Tamiya, E., Karube, I. Hattori, S., Suzuki, M., Yokoyama, K., *Sens. Actua.*, **B 18** (1989) 297-307.
- 168 Coche-Guerente, L., Cosnier, S., Innocent, C., Mailley, P., *Anal. Chim. Acta*, **311** (1995) 23-30.
- 169 Mu, S., Xue, H., Qian, B., *J. Electroanal. Chem.*, **304** (1991) 7-16.
- 170 Yang, Y. & Mu, S., *J. Electroanal. Chem.*, **415** (1996) 71-77.
- 171 Wang, H. & Mu, S., *Sens. Actua.*, **B 56(1-2)** (1999) 22-30.
- 172 Wang, H. & Mu, S., *J. Electroanal. Chem.*, **436** (1997) 43-48.
- 173 Mu, S. & Kan, J., *Electrochim. Acta*, **40(2)** (1995) 241-246.
- 174 Halliwell, C.M., Simon, E., Toh, C-S., Bartlett, P.N., Cass, A.E.G., *Anal. Chim. Acta*, **453** (2002) 191-200.
- 175 de Melo, J.V., Bello, M.E., de Azevêdo, W.M., de Souza, J.M., Diniz, F.B., *Electrochim. Acta*, **44** (1999) 2405-2412.

- 176 Ivanov, A.N., Lukachova, L.V., Evtugyn, G.A., Karyakina, E.E., Kiseleva, S.G., Budnikov, H.C., Orlov, A.V., Karpacheva, G.P., Karyakin, A.A., *Bioelectrochem.*, **55** (2002) 75-77.
- 177 Schuhmann, W., Lammert, R., Uhe, B., Schmidt, H.-L., *Sens. Actua.*, **B 1** (1990) 537-541.
- 178 Berney, H., Roseingrave, P., Alderman, J., Lane, W., Collins, J.K., *Sens. Actua.*, **B 44** (1997) 341-349.
- 179 Jia, J., Wang, B., Wu, A., Cheng, G., Li, Z., Dong, S., *Anal. Chem.*, **74** (2002) 2217-2223.
- 180 Hirano, Y., Kasai, S., Nishizawa, M., Matsue, T., *Electrochem.*, (2001) 946-948.
- 181 Kasai, S., Zhou, H., Matsue, T., *Chem. Lett.*, (2000), 200-201.
- 182 Li, Z.F., Kang, E.T., Neoh, K.G., Tan, K.L., *Biomater.*, **19** (1998) 45-53.
- 183 Dillon, P., *PhD Thesis*, **2001**, Dublin City University.
- 184 Englebienne, P., *J. Mater. Chem.*, **9** (1999) 1043-1054.
- 185 O'Brien, A.M., Ó Fágáin, C., Nielsen, P.F., Welinder, K.G., *Biotechnol. Bioeng.*, **76** (2001) 277-284.
- 186 Fránek, M., Kolár, V., Eremin, S.A., *Anal. Chim. Acta*, **311** (1995) 349-356.
- 187 EU Directive 80/778/EEC, Commission of the European Union, (1980).
- 188 US Environmental Protection Agency, National Survey of Pesticides in Drinking Water Wells, Phase II Report, EPA 570/9-91-020, (1992), National Technical Information Service, Springfield, VA.
- 189 Sabik, H. & Jeannot, R., *J. Chrom.*, **A 818(2)** (1998) 197-207.
- 190 Quintana, J., Martí, I., Ventura, F., *J. Chrom.*, **A 938(1-2)** (2001) 3-13.
- 191 Thurman, E.M., Meyer, M., Pomes, M., Perry, C.A., Schwab, A.P., *Anal. Chem.*, **62** (1990) 2043-2048.
- 192 Balinova, A., *J. Chrom. A*, **643(1-2)** (1993) 203-207.
- 193 Carabias-Martínez, R., Rodríguez-Gonzalo, E., Herrero-Hernández, E., Sánchez-San Román, F.J., Flores, M.G.P., *J. Chrom.*, **A 950(1-2)** (2002) 157-166.
- 194 Barceló, D., Durand, G., Bouvot, V., Nielen, M., *Environ. Sci. Technol.*, **27** (1993) 271-277.

- 195 De La Vigne, U., Jänchen, D.E., Weber, W.H., *J. Chrom.*, **A 553** (1991) 489-496.
- 196 Penmetsa, K.V., Leidy, R.B., Shea, D., *J. Chrom.*, **A 745(1-2)** (1996) 201-208.
- 197 Giersch, T., *J. Agric. Food Chem.*, **41** (1993) 1006-1011.
- 198 Minunni, M. & Mascini, M., *Anal. Lett.*, **26(7)** (1993) 1441-1460.
- 199 Guilbault, G.G., Hock, B., Schmid, R., *Biosens. Bioelec.*, **7** (1992) 411-419.
- 200 Wilson, R., Barker, M.H., Schiffrin, D.J., Abuknesha, A., *Biosens. Bioelec.*, **12(4)** (1997) 277-286.
- 201 Hock, B., *Anal. Chim. Acta*, **347** (1997) 177-186.
- 202 Ward, V.K., Schneider, P.G., Kreissig, S.B., Hammock, B.D., Choudary, P.V., *Protein Eng.*, **6(8)** (1993) 981-988.
- 203 Longstaff, M., Newell, C.A., Boonstra, B., Strachan, G., Learmonth, D., Harris, W.J., Porter, A.J., Hamilton, W.D.O., *Biochim. Biophys. Acta*, **1381(2)** (1998) 147-169.
- 204 Scholthof, K.B.G., Zhang, G., Karu, A.E., *J. Agric. Food Chem.*, **45** (1997) 1509-1517.
- 205 Stöcklein, W.F.M., Warsinke, A., Micheel, B., Kempter, G., Höhne, W., Scheller, F.W., *Anal. Chim. Acta*, **362** (1998) 101-111.
- 206 Gerdes, M., Meusel, M., Spener, F., *J. Immunol. Meth.*, **223** (1999) 217-226.
- 207 Alcocer, M.J.C., Doyen, C., Lee, H.A., Morgan, M.R.A., *J. Agric. Food Chem.*, **48** (2000) 335-337.
- 208 Alcocer, M.J., Doyen, C., Lee, H.A., Morgan, M.R., *J. Agric. Food Chem.*, **48** (2000) 4053-4059.
- 209 Renard, M., Belkadi, L., Hugo, N., England, P., Altschuh, D., Bedouelle, H., *J. Mol. Biol.*, **318** (2002) 429-442.
- 210 Benhar, I., Eshkenazi, T., Neufeld, T., Opatowsky, J., Shaky, S., Rishpon, J., *Talanta*, **55** (2001) 899-907.
- 211 Morrin, A., Guzman, A., Killard, A.J., Pingarron, J.M., Smyth, M.R., *Biosens. Bioelec.*, **18(5-6)** (2003) 715-720.

- 212 Law, W.T., Doshi, S., McGeehan, J., McGeehan, S., Gibboni, D., Nikolioukine, Y., Keane, R., Zheng, J., Rao, J., Ertingshausen, G., *Clin. Chem.*, **43**(2) (1997) 384-389.
- 213 Ballesteros, B., Barceló, D., Dankwardt, A., Schneider, P., Marco, M.-P., *Anal. Chim. Acta*, **475** (2003) 105-115.
- 214 Killard, A.J., Micheli, L., Grennan, K., Franek, M., Kolar, V., Moscone, D., Palchetti, I., Smyth, M.R., *Anal. Chim. Acta*, **427** (2001) 173-180.
- 215 Skládal, P., *Electroanal.*, **9**(10) (1997) 737-745.
- 216 Hart, A.L., Matthews, C., Collier, W.A., *Anal. Chim. Acta*, **386** (1999) 7-12.
- 217 Santandreu, M., Céspedes, F., Alegret, S., Martínez-Fàbregas, E., *Anal. Chem.*, **69** (1997) 2080-2085.
- 218 Liu, G.-D., Hu, K.-S., Li, W., Shen, G.-L., Yu, R.-Q., *Analyst*, **125** (2001) 1595-1599.
- 219 Byrne, L., Lau, K., Edwards, S. & Diamond, D., *Proc. SPIE*, **4205** (2000) 267-277.

LIOSTA DE FHOILSEACHÁIN AGUS TAISPEÁNTAIS

PAIPÉIRÍ

- Killard, A.J., Smyth, M.R., Grennan, K., Micheli, L., Palleschi, G.
"Rapid antibody biosensor assays for environmental analysis."
Biochemical Society Transactions, **28(2)**, 81-84, 2000.
- Killard, A.J., Micheli, L., Grennan, K., Franek, M., Kolar, V., Moscone, D., Palshetti, I., Smyth, M.R.
"An amperometric separation-free immunosensor for real-time environmental monitoring."
Analytica Chimica Acta, **427**, 173-180, 2001.
- Grennan, K., Killard, A.J., Smyth, M.R.
"Physical, electrochemical and functional characterisation of an amperometric immunosensor system."
Electroanalysis, **13(8-9)**, 745-750, 2001.
- Grennan, K., Strachan, G., Porter, A.J., Killard, A.J., Smyth, M.R.
"Atrazine analysis using an amperometric immunosensor based on single-chain antibody fragments and regeneration-free multi-calibrant measurement."
Analytica Chimica Acta, á phriontáil.

FOILSEACHÁIN AS GAEILGE

- Ní Ghrianáin, C., Ó Choilleárd, A., MacGabhann, M.

"Bithbhraitheoirí saora don timpeallacht."

Irish Scientist Millennium Year Book, 8, 2000.

- Ní Ghrianáin, C.

"Bithbhraiteoirí a chabráionn leis an timpeallacht."

An tEolaí, An Gúm, 32, 7-8, 2001.

TAISPEÁNTAIS PHÓSTAEIR

- **Royal Society of Chemistry SAC '99 Conference**

Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, Baile Átha Cliath 9, Éire, 25-30 Iúil 1999.

"Development of amperometric immunoassays with environmental monitoring applications."

Killard, A.J., Grennan, K., Micheli, L., Palleschi, G., Smyth, M.R.

- **Biosensors 2000**

San Diego, CA, Na Stáit Aontaithe Mheiriceá, Bealtaine 2000.

"Immunosensors simplified: a facile one-step assay system."

Grennan, K., Killard, A.J., Smyth, M.R.

- **Electrochem 2000**

Ollscoil Chathair Bhaile Átha Cliath, Baile Átha Cliath 9, Éire, 13-15 Meán Fomhair 2000.

"The functionalisation, characterisation and application of screen-printed electrodes for reproducible biosensor performances."

Grennan, K., Killard, A.J., Smyth, M.R.

- **Analytical Research Forum Incorporating Research and Development Topics**
Ollscoil Anglia Thoir, Norwich, An Ríocht Aontaithe, 16-18 Iúil 2001.
"Development of a one-step electrochemical immunosensor for real-time environmental analysis."
Grennan, K., Killard, A.J., Smyth, M.R., Strachan, G., Porter, A.J.
- **5th Euroconference on Environmental Analytical Chemistry**
An Bhlárna, Corcaigh, Éire, 8-12 Meán Fomhair 2001.
"Development of a one-step electrochemical immunosensor for real-time environmental analysis."
Grennan, K., Killard, A.J., Smyth, M.R., Strachan, G., Porter, A.J.
- **Second Analytical Conference on Analytical Sciences in Ireland**
Institiúid Teicneolaíochta, Tamhlacht, Baile Átha Cliath 24, Éire, 4-5 Aibreán 2002.
"Forbairt ar imdhionbhraiteoir leictreiceimiceach aon-chéimeach do hanailís fíor-ama timpeallachta."
Ní Ghrianáin, C., Ó Coileárd, A.S., MacGabhann, M.R.
- **Biosensors 2002**
Kyoto, An tSeapáin, 15-17 Bealtaine 2002.
"A one-step electrochemical immunosensor for the real-time analysis of atrazine."
Grennan, K., Killard, A.J., Strachan, G., Porter, A.J., Smyth, M.R.
- **Analytical Research Forum Incorporating Research and Development Topics**
Ollscoil Kingston, Kingston upon Thames, Londain, An Ríocht Aontaithe, 15-17 Iúil 2002.
"A one-step electrochemical immunosensor for the real-time analysis of atrazine."
Grennan, K., Killard, A.J., Strachan, G., Porter, A.J., Smyth, M.R.

- **Analytical Research Forum Incorporating Research and Development Topics**
Ollscoil Sunderland, University of Sunderland, Sunderland, An Ríocht Aontaithe,
21-23 Iúil 2003.

"Aspects of amperometric biosensors based on chemically and electrochemically polymerised aniline."

Grennan, K., Killard, A.J., Smyth, M.R.

TAISPEÁNTAIS BHÉIL

- **1st Annual Conference on Analytical Sciences in Ireland**

Ollscoil Náisiúnta na hÉireann, Gaillimh, Éire, 27-28 Aibreán 2000.

"The characterisation and application of screen-printed electrodes in electrochemical biosensors."

- **ESEAC/SEAC 2000 Conference**

Ollscoil Bonn, An Gearmáin, 11-15 Meitheamh 2000.

"A single-step immunosensor based on electrochemical flow-injection analysis for the real-time monitoring of biospecific interactions: applications in environmental analysis."

- **INCO Copernicus Workshop**

Lund, An tSualainn, 23-25 Lúnasa 2000.

"Development of a single-step FIA-based immunosensor for the real-time monitoring of biospecific interactions."

- **55th Irish Universities Chemistry Research Colloquium**

Coláiste na Tríonóide Baile Átha Cliath, 14-16 Bealtaine 2003.

"Regeneration-free electrochemical immunosensors for real-time environmental analysis."

ar an leictreoid. Uasmhéadófar na modhanna seo an méid de shonraí a d'fhéadfaí a bhaint amach d'aon leictreoid amháin agus cabhróidh siad le huirlisí anailíseacha uilíocha a dhéanamh de bhraiteoirí bunaithe ar antashubstaintí.