Potenciometrijska studija sustava škrob-trijodid

Radanović, Tatjana

Undergraduate thesis / Završni rad

2011

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:343072

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za kemiju
Preddiplomski studij kemije

Radanović Tatjana

Potenciometrijska studija sustava škrob-trijodid

završni rad

mentor: izv.prof.dr.sc. Milan Sak-Bosnar
neposredni voditelj: dr.sc. Nikola Sakač

Osijek, listopad 2011. godine

Sadržaj

Sažetak 2

Abstract 3

1. Uvod 4

2. Opći dio

2.1. Škrob 5

2.1.1. Amiloza 7

2.1.2. Amilopektin 8

2.2. Kalijev trijodid i kompleks škrob-trijodid 10

2.3. Potenciometrija 11

3. Metodologija

3.1. Instrumentacija 13

3.2. Reagensi 14

3.3. Priprema otopina 15

3.4. Postupak 16

4. Rezultati i rasprava 17

4.1. Potenciometrijska studija sustava škrob-trijodid 18

4.2. Kompleks trijodida sa raznim vrstama škrobova 19

5. Zaključak 24

6. Literatura 25

Sažetak

Potenciometrijska studija sustava škrob-trijodid

Škrob je ugljikohidrat koji se sastoji od dva polimera: amiloze i amilopektina. Amiloza stvara stabilne komplekse sa trijodidnim ionom, dok amilopektin stvara vrlo slabe komplekse. Prilikom nastanka škrob-trijodid kompleksa otopina se oboji u tamno plavo, tako da može služiti kao indikator. Udio amiloze i/li amilopektina varira ovisno o vrsti škroba.

Pratio se odziv platinske redoks elektrode na različite vrste i sorte škrobova pri različitim masama dodanog škroba. Uporabom direktne potenciometrije mjeri se ovisnost elektrodnog potencijala o količini dodane otopine škroba u otopinu kalijevog trijodida. Mjereni su uzorci škrobova različitog botaničkog podrijetla.

Grafičkim prikazom rezultata utvrđeno je da postoji razlika u odgovoru platinske redoks elektrode s obzirom na vrstu korištenog škroba. Razlike se odnose na izgled grafa, odnosno na razlike u promjeni potencijala do stvaranja maksimalne koncentracije kompleksa škrob-trijodid te na nagib odgovora redoks elektrode s povećanjem koncentracije dodanog škroba.

KLJUČNE RIJEČI: amiloza, elektrodni potencijal, potenciometrija, škrob, trijodid

Abstract

Potenciometric study of starch-triiodide system

Starch is carbohydrate and a mixture of two polimers: amylose and amylopectin. Amylose creates strong complexes with triiodide, but amylopectin doesn't. Starch-triiodine complex causes dark blue coloration and it can be used as an indicator. Amount of amylose and/or amylopectin is different in different types of starch.

We were watching response of a platinum redox electrode on diferrent species and varieties of starches using different masses of starch and concentration of triiodide. We were measuring, using direct potentiometry, how electrode potential depends of a amount of starch solution added to a solution of potassium triiodide. Samples of starch had different botanical origin.

Graphical presentation of results showe that there is a difference in the response to a platinum redox electrode considering the type of starch. The differences related to the appearance of the graph, the difference in changing the potential to create the maximum concentration of the complex starch-triiodide and the slope response of the redox electrode with increasing concentrations of added starch.

KEY WORDS: amylase, electrode potential, potentiometry, starch, triiodide

1. Uvod

Škrob je ugljikohidrat, polisaharid sastavljen od *n* molekula glukoze. Sastoji se od amiloze i amilopektina te ostalih neškrobnih komponenata kao što su proteini i lipidi. Udio amiloze i amilopektina varira s obzirom na vrstu škroba i botaničko podrijetlo.

Za dokazivanje prisutnosti škroba koristi se karakteristična reakcija sa kalijevim trijodidom, a mjeri se spektrofotometrijskim metodama. Škrob tvori smeđi ili tamno plavi kompleks sa trijodidnim ionom iz otopine kalijevog trijodida. Kalijev trijodid nastaje otapanjem elementarnog joda u otopini kalijevog jodida, gdje je kalijev jodid u velikom suvišku. Amilopektin iz škroba stvara vrlo slabi kompleks sa trijodidnim ionom dok amiloza čini stabilniji kompleks.

Cilj ovog rada je upotreba direktne potenciometrije za određivanje razlike između različitih vrsta škrobova (s obzirom na različiti udio amiloze/amilopektina koji je ovisan o biološkom podrijetlu škroba) promatrajući promjenu redoks potencijala u otopini kompleksa škrob-trijodid.

2. Opći dio

2.1. Škrob

Škrob je ugljikohidrat, polisaharid. Izgrađen od ugljika, vodika i kisika u omjeru 6:10:5, opće formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ gdje indeks *n* predstavlja broj $C_6H_{10}O_5$ jedinica.

Nastaje kao produkt fotosinteze u lišću zelenih biljaka te se nagomilava u sjemenkama, plodovima, korijenu i gomoljima biljaka u obliku škrobnih granula. Škrob je bijeli prah, bez mirisa, okusa po brašnu i netopljiv u hladnoj vodi[7].

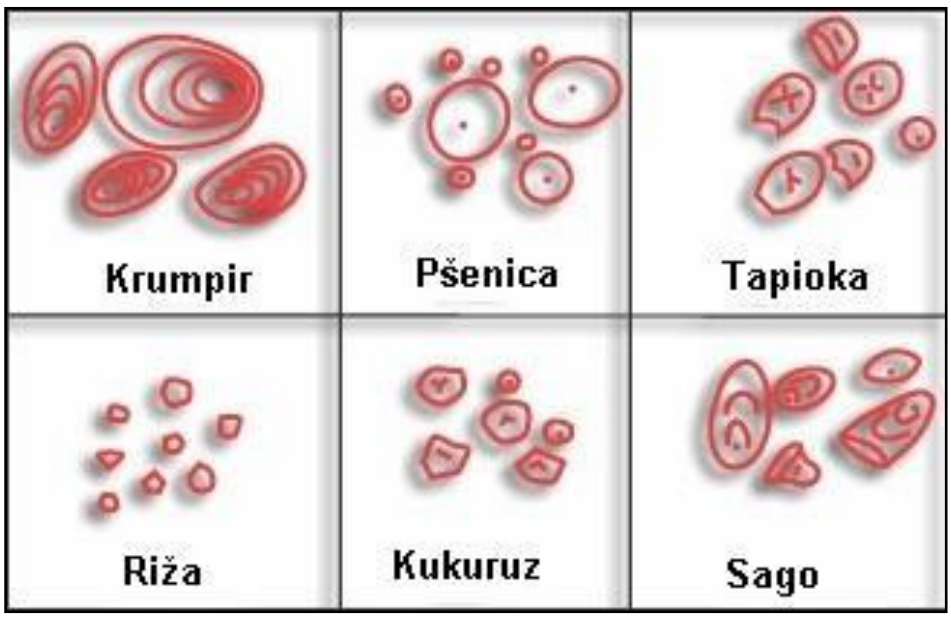
Zbog jedinstvenih kemijskih i fizikalnih svojstava te nutritivne vrijednosti razlikuje se od svih ostalih ugljikohidrata. Škrob i škrobni hidrolizati predstavljaju većinu ugljikohidrata u ljudskoj prehrani. Isto tako, količina različitih oblika škroba (nativni, modificirani i hidrolizati) koja se koristi pri proizvodnji hrane znatno nadmašuje ostale polisaharide. Nativni i modificirani škrobovi se koriste u prehrambenoj industriji kao sredstva za povezivanje različitih sastojaka, za stabiliziranje pjene, želiranje, zadržavanje vlage, postizanje određene teksture i slično. Škrobovi se sve više koriste i zbog niže cijene s obzirom na alternativne dodatke.

Škrobna zrnca

Škrob se u prirodi javlja u obliku granula čiji se oblik i veličina razlikuju s obzirom na botaničko porijeklo. Veličina škrobne granule iznosi od 1 do 100 μm (Slika 1.). Tako se u jednom gramu škroba nalazi oko 109 granula gdje svaka granula sadrži oko 1013 molekula glukoze.

Morfologija škrobne granule ovisi o biokemiji organela, kloroplasta ili amiloplasta, koje sintetiziraju škrob te o fiziologiji biljke. Stoga različiti dijelovi biljke mogu proizvoditi morfološki različite škrobne granule.

Osnovne komponente koje grade škrobnu granulu su polisaharidi amilopektin i/ili amiloza. Neškrobne komponente čine 1 do 2 % suhe tvari škroba. Ostatak od 98-99 % škroba čini amiloza i/ili amilopektin[8]. Tablica 1. prikazuje udio amiloze i amilopektina u pojedinim vrstama škrobova.

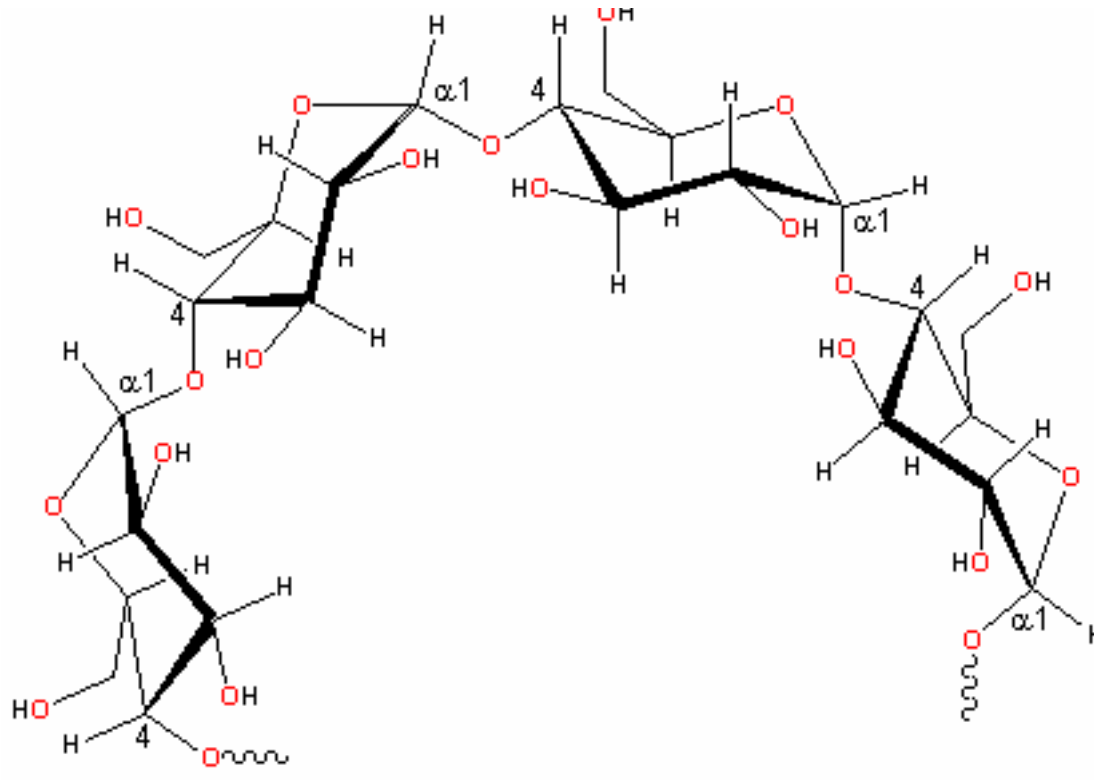


Slika 1. Mikroskopski izgled granula nekih vrsta škrobova

2.1.1. Amiloza

Amiloza je gotovo nerazgranata molekula izgrađena od jedinica α-D-glukoze međusobno povezanih α-1,4 glikozidnim vezama. Molekula amiloze sadrži 9 - 20 bočnih lanaca stupnja polimerizacije između 4 i 100, vezanih na glavni lanac α-1,6 glikozidnim vezama (Slika 2.).

Stupanj grananja amiloze ovisi o molekulskoj masi i raste sa povećanjem molekulske mase. Razgranatost molekule može utjecati na učinkovitost hidrolize egzo-enzimom β-amilazom. Pomoću β-amilaze moguće je hidrolizirati amilozu između 73 i 95 %, ovisno o porijeklu amiloze i načinu ekstrakcije. Ukoliko amilozu podvrgnemo kombiniranom djelovanju enzima pululunaze i β-amilaze konverzija do maltoze je gotovo potpuna (97-100 %)[8].



Slika 2. Dio strukture amiloze

2.1.2. Amilopektin

Amilopektin je razgranati polimer izgrađen od α-D-glukoze te jedna od najvećih molekula u prirodi sa molekulskom masom 10^7 - 10^9. Molekule glukoze u amilopektinu su povezane α-1,4 glikozidnim vezama u strukturu ravnog lanca te α-1,6 vezama na mjestima grananja. Sastoji se od nekoliko stotina lanaca gdje svaki lanac ima oko 20 – 25 jedinica α-D–glukoze (Slika 3.).

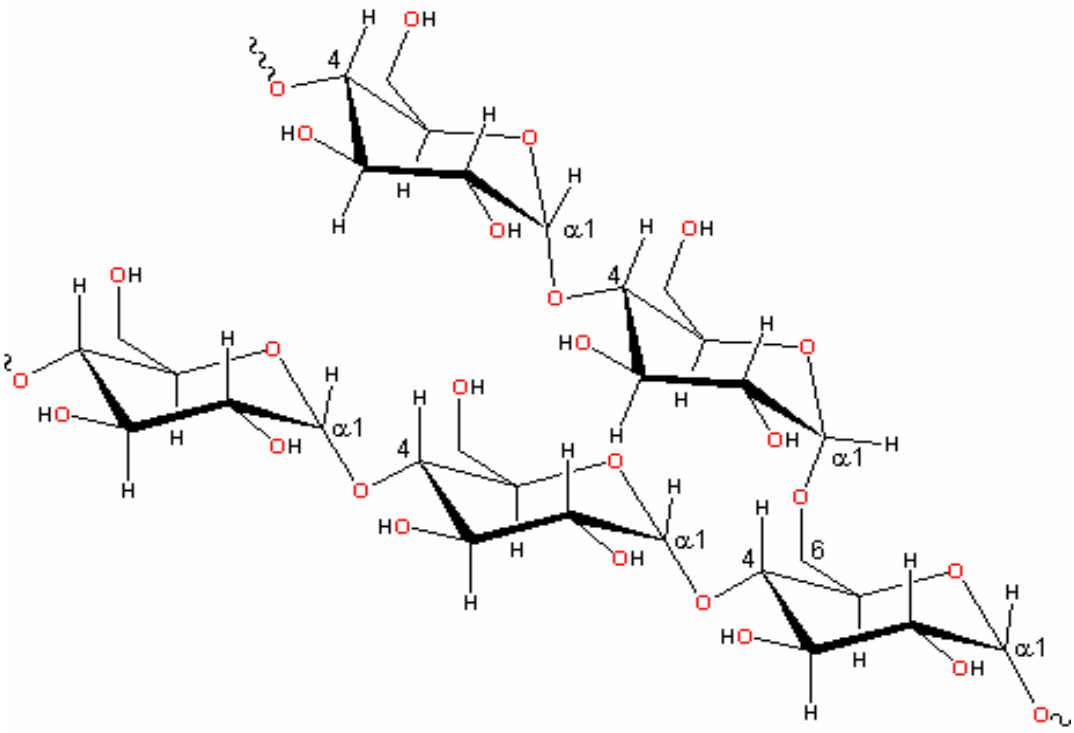
Molekule amilopektina škrobova žitarica imaju kraće lance od škrobova iz gomolja. Struktura amilopektina određena je upotrebom različitih enzima koji razgrađuju molekulu na specifičan način. Budući da β–amilaza razgrađuje škrob polazeći od nereducirajućeg kraja i cijepa svaku drugu α-1,4 vezu, ne može cijepati mjesta grananja te njenim djelovanjem nastaju dekstrini i maltoza. Enzimi koji mogu cijepati α–1,6 veze su pululunaza i izoamilaza čijim djelovanjem nastaju kraći linearni lanci. Razlika u njihovom djelovanju je ta, da pululunaza cijepa bočne lance sa dvije ili više glukoznih jedinica, a izoamilaza sa najmanje 3 glukozne jedinice.

Amilopektin je građen iz 3 tipa lanaca:

- **A – lanci** su ravnolančani dio u kojem su molekule glukoze povezane α- 1,4 vezama
- **B – lanci** na sebi imaju jedan ili više A-lanaca, a molekule glukoze su povezane α–1,4 i α–1,6 vezama
- **C – lanci** sadrže reducirajući kraj molekule

S obzirom na udio amiloze i amilopektina škrobove dijelimo na[8] :

- **voštane škrobove** (sadrže manje od 15 % amiloze)
- **normalne škrobove** (sadrže 20-35 % amiloze)
- **visoko-amilozne škrobove** (sadrže preko 40 % amiloze)



Slika 3. Dio strukture amilopektina

Tablica 1. Udio amiloze i amilopektina u nekim vrstama škrobova

Vrsta škroba	Amiloza %	Amilopektin %
Kukuruzni	28	72
Krumpirov	21	79
Pšenični	28	72
Tapiokin	17	83
Voštani kukuruzni	0	100
Rižin	17	83
Visoko-amilozno kukuruzni	50-80	20-50

2.2. Kalijev trijodid i kompleks škrob-trijodid

KALIJEV TRIJODID:

Kalijev trijodid se dobiva reakcijom kalijevog jodida (KI) i elementarnog joda (I_2). Jod je tamnosive boje i metalnoga sjaja. Pri zagrijavanju sublimira, pri čemu nastaju ljubičaste pare karakterističnog mirisa koje se pri hlađenju odmah kristaliziraju. Kao i svi halogeni elementi veoma je reaktivan. U vodi se jod slabo otapa a topljivost se povećava u prisutnosti jodidnog iona I^- zbog nastajanja trijodidnog iona I_3^-.

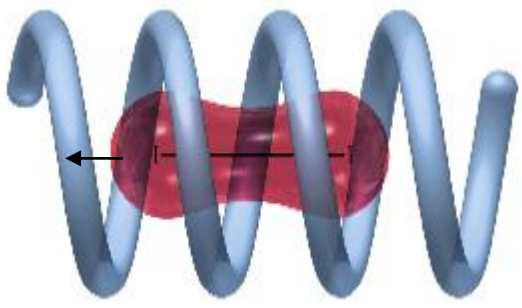
$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3 \qquad (1)$$

KOMPLEKS ŠKROB-TRIJODID:

U molekuli škroba amiloza i amilopektin su komponente koje mogu stvoriti komplekse sa trijodidnim ionom.

Molekule amiloze imaju hidrofobnu (lipofilnu) unutrašnjost što im omogućava formiranje kompleksa sa jodom. Jod (odnosno I_3^-) stvara komplekse sa amilozom i amilopektinom (Slika 4.). Amiloza-trijodid kompleks ima karakteristično plavo obojenje što se koristi za određivanje škroba i određivanje količine amiloze u škrobu.

Amilopektin zbog svoje razgranate strukture ne može formirati stabilne komplekse sa jodom, odnosno zbog kratkih bočnih lanaca veže samo manju količina joda (< 0,6 %). Amilopektin-jod kompleks ima crveno-smeđu boju (λ_{max}=530-540 nm). Što su bočni lanci amilopektina duži to se λ_{max} navedenog kompleksa povećava[9].



Slika 4. Spiralna struktura kompleksa škrob-trijodid

2.3. Potenciometrija

Potenciometrija je elektroanalitička metoda u kojoj se mjeri razlika potencijala između elektroda elektrokemijske ćelije uz ravnotežne uvjete. Napon ćelije ne mjerimo tako da kroz nju teče struja, odnosno teče tako mala struja da ne utječe na mjerljivo stanje ravnoteže na elektrodama. Mjerni uređaji za mjerenje razlike potencijala su potenciometri, voltmetri s velikom ulaznom impedancijom (pH-metri i pIon-metri) (Slika 5.). Uz reverzibilnost reakcija na elektrodama potenciometrijom možemo određivati promjenu slobodne entalpije, konstantu ravnoteže kemijskih reakcija, aktivitet odnosno koncentraciju i koeficijent aktiviteta (pomoću jednadžbe 1.)[9].

Potenciometrijska mjerenja provodimo uz upotrebu dviju elektroda:

- referentne – potencijal joj je konstantan. On je stalan i neovisan o sastavu otopine analita. Neki od primjera referentnih elektroda su kalomelova i srebro/srebrov klorid elektroda.
- indikatorska – potencijal ovisi o aktivitetu (koncentraciji) jedne ili više molekulskih vrsta u ćeliji.

  Postoje dvije vrste indikatorskih elektroda: 1. metalne
  2. membranske

Ravnotežni potencijal indikatorske elektrode daje odziv na promjenu aktiviteta specija koje se određuju i dan je Nerstovim izrazom (jednadžba 1.):

$$E = E^{\circ} + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_1}{a_2} = E^{\circ} + \frac{2.303RT}{zF} \log \frac{a_1}{a_2} \qquad (1)$$

gdje je: E potencijal

E' konstantna vrijednost za određenu temperaturu i ovisi o izboru unutrašnje i vanjske referentne elektrode

R opća plinska konstanta, iznosi 8,314 $JK^{-1}mol^{-1}$

F Faradeyeva konstanta, iznosi 96 500 $Cmol^{-1}$

T termodinamička temperatura, izražena u K

a_1 aktivitet iona u ispitivanoj otopini

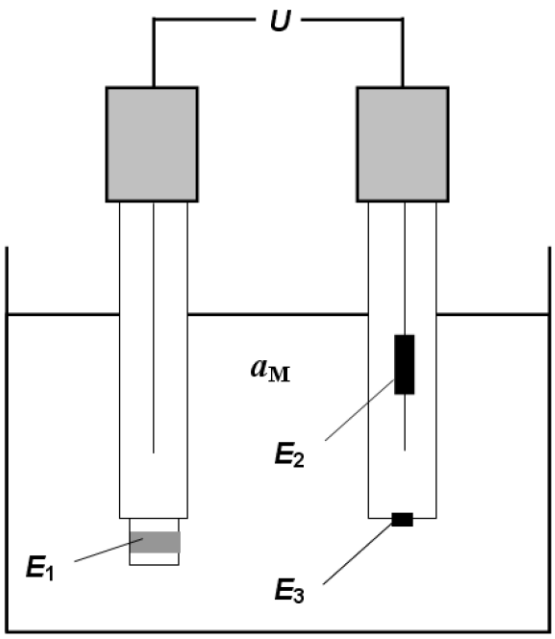
a_2 aktivitet iona u referentnoj otopini

z naboj iona

Direktna potenciometrija:

Izravna potenciometrijska mjerenja su brz i pogodan način za određivanje aktiviteta brojnih kationa i aniona. Priredi se serija otopina različitih koncentracija ispitivanog iona: a_1, a_2, a_3, ... a_n, i tim otopinama se izmjere vrijednosti za E: E_1, E_2, E_3, ... E_n, prema kojima se konstruira baždarni dijagram E = f(log a), pri čemu se za određivanje aktiviteta koristi linearni dio dijagrama.

Primjenom te tehnike potrebno je izmjeriti samo potencijal indikatorske elektrode uronjene u ispitivanu otopinu i otopinu koja sadrži poznatu koncentraciju analita. Ako je odziv elektrode specifičan za analit sastojke uzorka potrebno je prethodno odijeliti[9]. (Slika broj 5.)



Slika 5. Shema redoks sustava. Metalna elektroda (Pt) je mjerna indikatorska elektroda E_1, referentna elektroda Ag/AgCl E_2 i E_3 difuzijski potencijal.

3. Metodologija

3.1. Instrumentacija

Za doziranje škroba korišten je univerzalni titrator 808 Titrando (proizvođača Metrohm, Švicarska) u kombinaciji sa izmjenjivom jedinicom tip 806 Metrohm (proizvođača Metrohm, Švicarska). Tijekom titracije otopine su se miješale pomoću magnetske mješalice sa stalkom tip 801 (proizvođač Metrohm, Švicarska). Elektroda je bila platinska (Ionode, Australia). Cijeli sustav prikazan je na slici 6.



Slika 6. Aparatura koje je bila korištena tijekom istraživanja

3.2. Reagensi

Tijekom postupka korišteni su:

- kalijev jodid, KI p.a. (Sigma-Aldrich, SAD)
- jod, I_2 p.a. (Kemika, Hrvatska)
- natrijev acetat trihidrat, $CH_3COONa \times 3H_2O$ p.a. (J.T.Baker, Nizozemska)
- deionizirana voda
- škrobovi i pojedinačne sorte:
    - topljivi škrob, p.a. (Kemika)
    - krumpirov škrob, 85,49% s.tv. (nativni)
    - tapiokin škrob, 86,40% s.tv. (nativni)
    - rižin škrob
    - kukuruzni škrob *Maize*
    - pšenični škrob, sorta *Srpanjka*, 83,66% s.tv
    - škrob raži, sorta *Eho Kurz*, 85,50% s.tv.
    - škrob raži, sorta *Conduct*, 83,69% s.tv.
    - škrob raži, sorta *Danovski*, 84,97% s.tv.
    - škrob raži, sorta *Octavia*, 86,63% s.tv.

3.3. Priprema otopina

- OTOPINA KI_3:

4.1500 g kalijevog jodida kvantitativno prenijeti u volumetrijsku tikvicu od 500 mL i otopiti u malom volumenu destilirane vode, u tako dobivenu otopinu dodati 0.01269 g I_2. Kristale joda treba otopiti u malom volumenu koncentrirane otopine kalijeva jodida uz snažno miješanje, pri čemu treba paziti da se koncentrirana otopina ne razrijeđuje prije nego li se otopi i zadnji trag čvrstog joda (inače će se koncentracija joda u otopini s vremenom povećavati). Kad se sav jod otopi tikvicu nadopuniti destiliranom vodom do oznake.

- OTOPINA ACETATNOG PUFERA:

13.608 g natrijevog acetata kvantitativno prenijeti u volumetrijsku tikvicu od 1000 mL i otopiti u 3,90 mL 1 M octene kiseline,. Tikvicu nadopuniti destiliranom vodom do oznake. pH nastalog pufera je 6.

- OTOPINE ŠKROBA (1 DO 5 g/L):

0.1000 g škroba određene vrste i sorte prenijeti u tikvicu volumena 10 mL otopimo u acetatnom puferu (pH=6) koji nadopunimo do oznake tikvice. Otopinu zagrijavamo dok se sav škrob ne otopi te ju za mjerenje koristimo tek nakon što se ohladi na sobnu temperaturu. Pripremamo otopine škroba raznih vrsta i sorti sa različitim masenim koncentracijama (1, 2, 3, 4, 5 g/L). Prethodni postupak je objašnjenje za pripremu 1%-tne otopine škroba. Za pripremu ostalih otopina drugih masenih koncentracija koristimo samo različite mase škroba, a postupak ostaje isti.

3.4. Postupak

Pripremljene su potrebne otopine kalijevog trijodida, acetatnog pufera i škroba.

U čašicu od 50 mL otpipetirano je 8 mL otopine kalijevog trijodida i stavljeno je miješaće tijelo te je otopina miješana na miješalici Metrohm sustava.

Dozimatom Metrohm sustava su dodane različito koncentrirane otopine škroba (od 1 g/L do 5 g/L) različitih vrsta i sorti u otopinu kalijevog trijodida. Kod nekih vrsta i sorti škrob nije bio u potpunosti topljiv pa se doziranje radilo ručno. Slabo topljivi škrobovi su se konstantno miješali pomoću miješalice da se čestice što homogenije rasporede. Volumen otopine škroba koji se dodavao je iznosio od 3 do 9 mL. Inkrementi su varirali između vrijednosti od 0.08 mL do 0.3 mL. Vremenski interval dodavanja svakog inkrementa bio je 60 sekundi.

Elektromotorna sila mjernog članka uronjenog u otopinu analita istovremeno je mjerena pomoću milivoltmetra Metrohm 780 pH-metar (Metrohm). Mjerni podaci obrađivani su u Microsoft Excelu.

Parametri mjerenja:

- indikatorska elektroda: platinska elektroda (Jodine)
- referentna elektroda: Ag/AgCl elektroda (Metrohm)
- otopina analita: c(KI) = 0.05 M, $c(I_2) = 1.00 \times 10^{-4}$ M
- volumen analita: 8 mL
- brzina miješanja: 3
- veličina inkremenata: promjenjiva
- interval doziranja inkremenata: promjenjiv

4. Rezultati i rasprava

4.1. Potenciometrijska studija sustava škrob-trijodid

Za reakciju: $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$ (2)

vrijedi Nernstova jednadžba, (jednadžba 2.):

$$E = E^\circ + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[I_2]}{[I^-]^2} = E^\circ + \frac{2.303RT}{2F} \log \frac{[I_2]}{[I^-]} \quad (2)$$

Za reakciju: $I_3^- + 2e^- \rightleftharpoons 3I^-$ (3)

vrijedi Nernstova jednadžba, (jednadžba 3.):

$$E = E^\circ + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[I_3^-]}{[I^-]^3} = E^\circ + \frac{2.303RT}{2F} \log \frac{[I_3^-]}{[I^-]^3} \quad (3)$$

Dio trijodidnog iona se veže prilikom dodatka škroba u otopinu kalijevog trijodida, pa je ukupna koncentracija trijodida jednaka zbroju koncentracija trijodida inkrustriranog u škrob i slobodnog trijodida u otopini[6].

U sustavu prije dodatka škroba koncentraciju oksidiranog oblika predstavlja koncentracija trijodidnog iona I_3^-, a reducirani oblik je jodidni ion I^-.

Tu relaciju predstavlja jednadžba (jednadžba 4.):

$$E = E^{\circ} + S \cdot \log \frac{\left[I_3^- \right]_0}{\left[I^- \right]_0^3} \tag{4}$$

gdje su:

$\left[I_3^- \right]_0$ i $\left[I^- \right]_0$ početne koncentracije trijodidnog i jodidnog iona.

Elektromotorna sila za sustav škrob-trijodid nakon dodatka škroba može se prikazati jednadžbom (jednadžba 5.):

$$E = E^{\circ} + S \log \frac{\left[I_3^- \right]_1 + \left[I_3^- - \text{škrob} \right]}{\left[I^- \right]_0^3} \tag{5}$$

gdje je:

$\left[I_3^- \right]_1$ koncentracija slobodnog (nevezanog) trijodidnog iona nakon dodatka određene količine škroba.

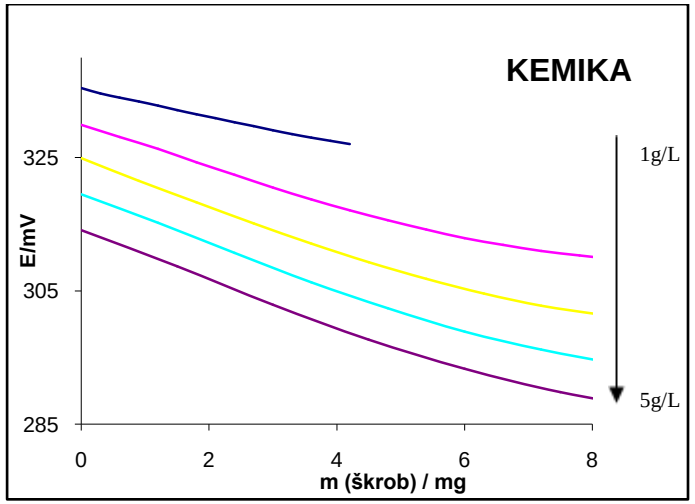
Dodavanjem škroba mijenja se i vrijednost koncentracije slobodnog trijodida u logaritamskom članu jednadžbe. Ta promjena koncentracije trijodida izaziva i odgovarajuću promjenu redoks-potencijala ispitivanog sustava. Povećanjem koncentracije škroba u sustavu jodid-trijodid smanjuje se koncentracija slobodnog trijodida, što rezultira padom potencijala spomenutog redoks-sustava[9].

4.2. Kompleks trijodida s raznim vrstama škroba

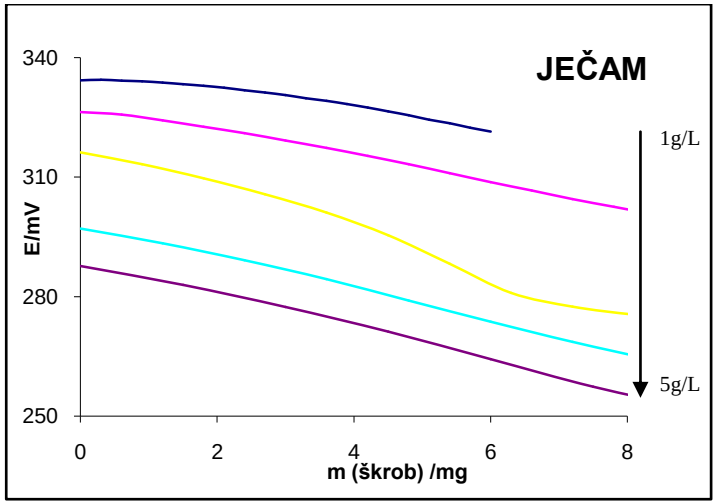
Prilikom ovog istraživanja pratio se odziv platinske redoks elektrode na različite vrste škrobova i njihove sorte pri različitim masama dodanog škroba. (Slika 7.) Kao referentni primjer uzet je odgovor redoks elektrode kod škroba *Kemika*. *Kemika* je kemijski obrađen i pročišćen škrob. Dodavanjem sve veće mase škroba u otopinu I_3^- dolazi do pada potencijala i vizualno do promjene boje otopine u plavu. Razlog tom padu je činjenica da amiloza ubrzo nakon dodatka prvog inkrementa stvara kompleks sa trijodidnim ionom iz kalijevog trijodida što je bilo vidljivo po promjeni boje otopine. Daljnjim dodavanjem inkremenata boja je postajala sve tamnija, odnosno sve više trijodidnog iona iz kalijevog trijodida činilo je kompleks sa škrobom. Do pada elektrodnog potencijala dolazi zbog smanjenja koncentracije slobodnog trijodidnog iona koji se troši prilikom nastanka kompleksa sa škrobom. Elektrodni potencijal poprimi konstantnu vrijednost nakon što se sav slobodni trijodid veže za škrob u škrob-trijodid kompleks.

Iako je volumen inkremenata bio isti za sve koncentracije dodanog škroba (1-5 g/L), masa dodanog škroba je bila razmjerna koncentraciji a samim tim i brzina stvaranja kompleksa škrob-trijodid. Kod koncentracije od 5 g/L dolazi do najveće promjene odziva za najmanju masu dodanog škroba. Kod škrobova koji su bili slabije topivi inkrementi su se dodavali ručno (za kukuruzne škrobove).

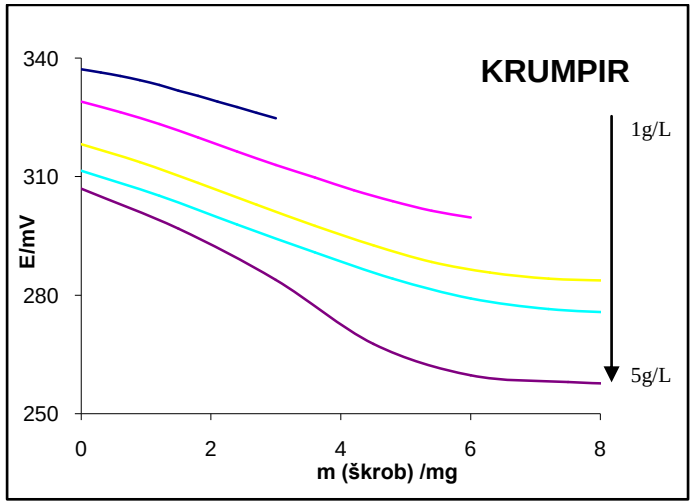
Odziv platinske redoks elektrode za pšenični, ječmeni, kukuruzni, rižin, tapiokin, krumpirov i raženi škrob prikazan je na slici 7. Svaki od prikazanih odziva bio je karakterističan za vrstu škroba uz pad vrijednosti elektrodnog potencijala prilikom nastanka kompleksa škrob-trijodid. Vidljiva je razlika u vrijednostima elektrodnog potencijala te nagibu pravaca.


KEMIKA
325
305
285
E/mV
0
2
4
6
8
m (škrob) / mg
1g/L
5g/L

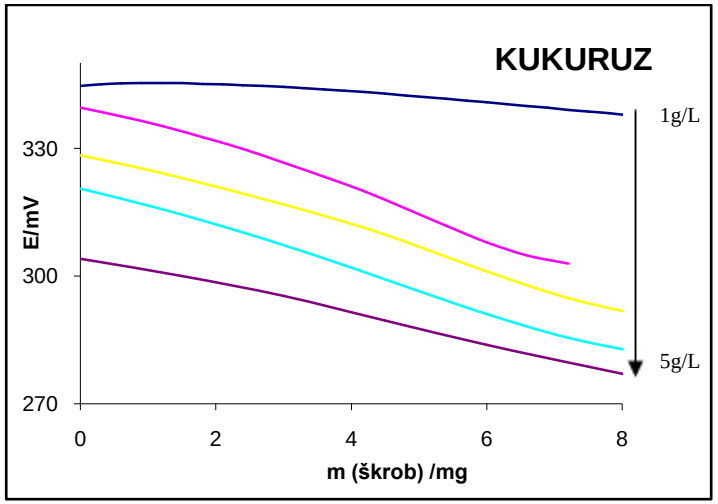
a)


JEČAM
340
310
280
250
E/mV
0
2
4
6
8
m (škrob) /mg
1g/L
5g/L

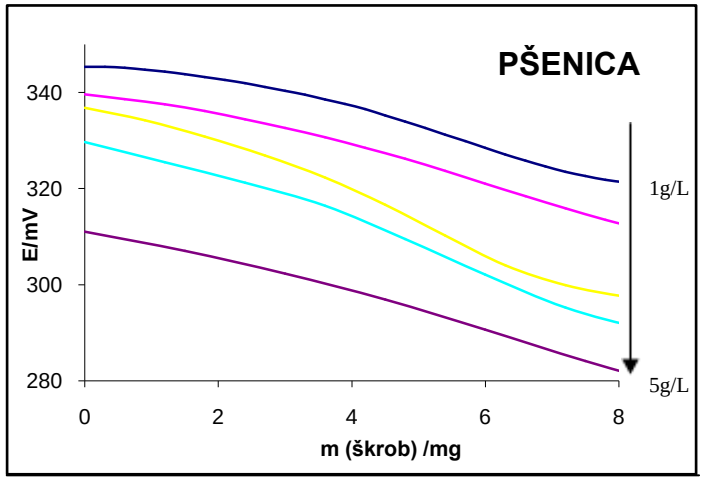
b)


KRUMPIR
340
310
280
250
E/mV
0
2
4
6
8
m (škrob) /mg
1g/L
5g/L

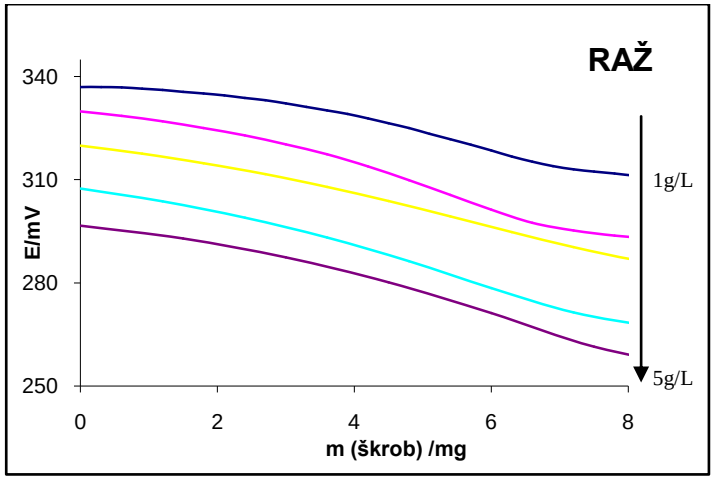
c)


KUKURUZ
330
300
270
E/mV
0
2
4
6
8
m (škrob) /mg
1g/L
5g/L

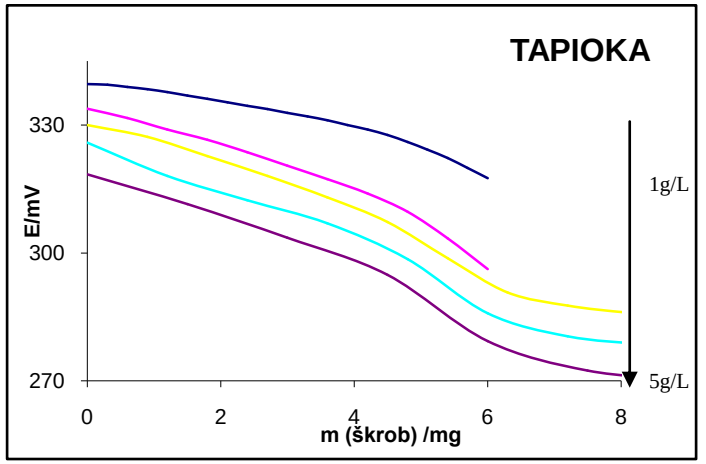
d)



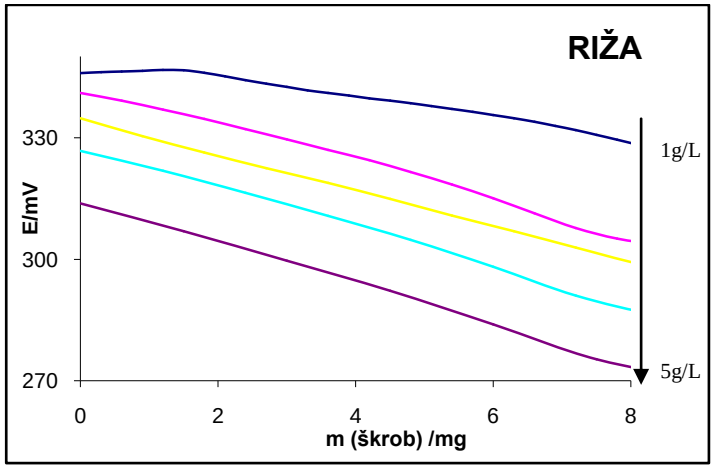
e)



f)



g)



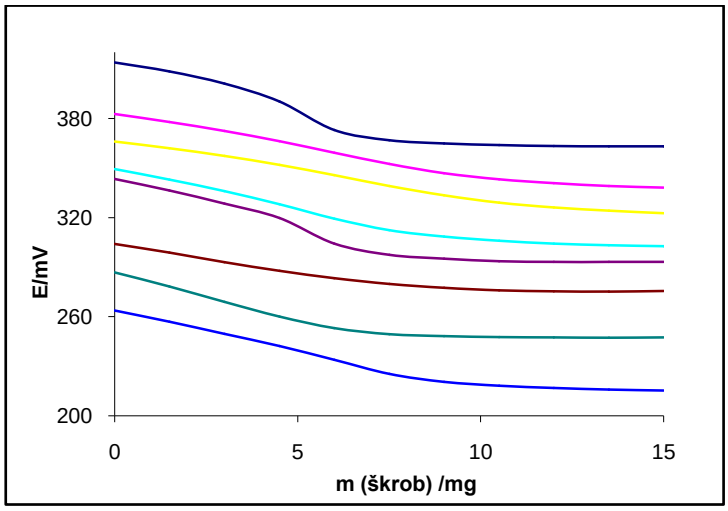
h)

Slika 7. Ovisnost elektrodnog potencijala (u mV) o količini dodanog škroba prilikom nastanka kompleksa škrob-trijodid (pod a. *Kemika*, b. ječam *Vanessa*, c. krumpir, d. kukuruz, e. pšenica *Srpanjka*, f. raž *Eho kurz*, g. tapioka, h. riža). Grafovi su poredani prema masenoj koncentraciji (gledajući od gore prema dolje: 1,2,3,4,5 g/L).

Odziv redoks elektrode raženog škroba promatran je na primjeru četiri sorte: *Conduct*, *Danovski*, *Octavia* i *Eho kurz*. Za primjer je uzeta sorta *Eho kurz* (Slika 8. pod b). Navedene sorte uzete su kao ogledni primjer prilikom ispitivanja poveznice između iste vrste škroba ali više različitih sorti.

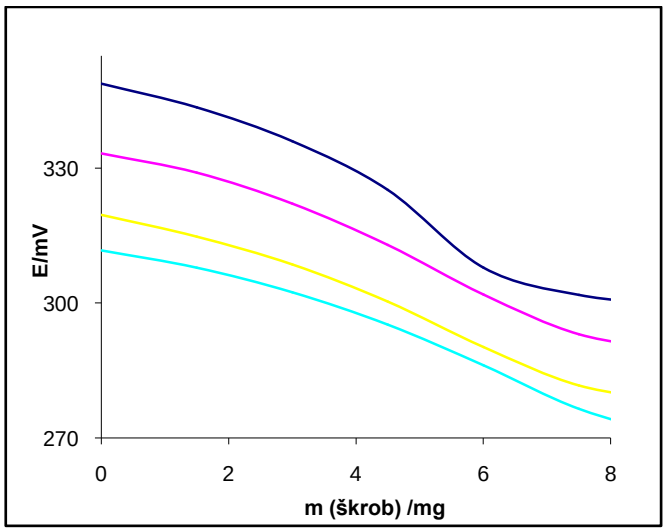
Može se zaključiti da postoje razlike u odzivu platinske redoks elektrode s obzirom na vrstu korištenog škroba. Razlike se odnose na razlike u promjeni potencijala do stvaranja maksimalne koncentracije kompleksa škrob-trijodid i na nagib odgovora redoks elektrode s povećanjem koncentracije dodanog škroba.

Slika 8. prikazuje ovisnost elektrodnog potencijala o količini dodanog škroba za predstavnike svih ispitanih vrsta škrobova, za koncentraciju od 5 g/L (s obzirom da ona pokazuje najveću promjenu potencijala prema masi dodanog škroba). Osim nagiba, krivulje imaju i karakterističan izgled u odgovoru redoks elektrode s obzirom na vrstu škroba. Nakon dodatka određene količine škroba dolazi do javljanja konstantnog potencijala.



Slika 8. Ovisnost elektrodnog potencijala o količini dodanog škroba za predstavnike svih ispitanih vrsta pri koncentraciji 5g/L (od gore prema dolje: raž (*Conduct*), ječam (*Vanessa*), pšenica (*Srpanjka*), kukuruz, tapioka, kemika, krumpir i riža)

Nakon ispitivanja svih vrsta na jednom grafičkom prikazu promatrane su četiri sorte raženog škroba (*Conduct*, *Octavia*, *Danovski* i *Eho kurz*) te promjena elektrodnog potencijala prilikom dodatka otopina ovih sorti škroba u otopinu kalijevog trijodida koncentracije $4 \cdot 10^{-4}$ M (Slika 9.). Došlo je do promjene između elektrodnog potencijala otopina raženog škroba različitih sorti prilikom stvaranja škrob-trijodid kompleksa, te različitog nagiba pravaca koji predstavljaju svaku pojedinu sortu, kao i u slučaju promatranja različitih vrsti škrobova što ukazuje na različiti udio amiloze/amilopektina u ispitanim sortama raženog škroba.



Slika 9. Ovisnost elektrodnog potencijala o količini dodanog škroba za različite sorte raženog škroba (*Conduct, Octavia, Danovski* i *Eho kurz*) pri koncentraciji 5g/L

5. Zaključak

U radu je prikazana upotreba direktne potenciometrije za određivanje razlika između različitih vrsta škrobova (različitog botaničkog podrijetla) s obzirom na promjenu redoks potencijala u otopini kompleksa škrob-trijodid. Praćen je odziv platinske redoks elektrode na različite vrste i sorte škrobova pri različitim masama dodanog škroba.

Prilikom izrade ovog rada korišteno je sedam vrsta škrobova (kukuruzni, krumpirov, pšenični, raženi, ječmeni, rižin i tapiokin) te različite sorte pojedinih vrsta ispitivanih škrobova (raženi škrob: *Conduct*, *Octavia*, *Danovski* i *Eho kurz*).

Ispitane vrste i sorte škrobova razlikovale su se po udjelu amiloze i/li amilopektina. Nakon dodatka prvog inkrementa škrob stvara kompleks sa trijodidnim ionom iz kalijevog trijodida što je bilo vidljivo po promjeni boje otopinu u tamno plavu. Daljnjim dodavanjem inkremenata boja je postajala sve tamnija sve do granice kada se sav slobodni trijodid potroši na stvaranje kompleksa sa škrobom. Do pada elektrodnog potencijala dolazi zbog smanjenja koncentracije slobodnog trijodidnog iona koji se troši prilikom nastanka ovog kompleksa. Elektrodni potencijal poprimi konstantnu vrijednost nakon što se sav slobodni trijodid veže u škrob-trijodid kompleks. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da se elektrodni potencijal ispitanih škrobova ponašao različito i u slučaju različitih vrsta, ali i sorti škrobova. Osim promjene elektrodnog potencijala vidljiva je i promjena u nagibima dobivenih grafova.

6. Literatura

knjige:

1. Elasson, Ann-Charlotte: „*Carbohydrates in food*“.
   Taylor & Francis Group, New York, 2006. godine
2. Elasson. Ann-Charlotte: „*Starch in food*“. Woodhead publishing limited i CRC Press LLC, England Cambridge, 2004. godine
3. BeMiller, James i Whistler, Roy: „*Starch: Chemistry and Technology*“.
   Elsevier: 2009. godine
4. D. A. Skoog, D. M. West, F. J. Holler: “*Osnove analitičke kemije”*.
   Školska knjiga, Zagreb, 1999. godine
5. I. Filipović, S. Lipanović: “*Opća i anorganska kemija”*.
   Školska knjiga, Zagreb, 1995. godine
6. Z. Šoljić, M. Kaštelan-Macan,” *Analitička kemija volumetrija”*.
   Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2002.godine

doktorske disertacije:

7. Ačkar, Đurđica: „*Izoliranje, modificiranje i karakteriziranje škroba pšenice*“.
   PTF: Osijek, studeni 2010. godine
8. Babić, Jurislav: „*Utjecaj acetiliranja i dodataka na reološka i termofizikalna svojstva škroba kukuruza i tapioke*“.
   PTF: Osijek, siječanj 2007. godine
9. Sakač, Nikola: „*Novi potenciometrijski amilazni senzori*“.
   FKIT: Zagreb, veljača 2011. godine

radovi:

10. N. Sakač, M. Sak-Bosnar, M. Horvat, D. Madunić-Čaćić, A. Szechenyi, B. Kovacs, *Talanta* 83 (2011), 1606-1612
11. N. Singh, J. Singh, L. Kaur, N. Singh Sodhi, B. Singh Gill, *Food Chemistry* 81 (2003), 219-231
12. N. Choengchan, K.Uraisin, K. Choden, W.Veereasai, K. Grudpan, D.Nacapricha *Talanta* 58 (2002), 1195-1201

Zahvala

Ovim se putem zahvaljujem svom mentor izv.prof. Milanu Saku-Bosnaru što mi je omogućio izradu ovog rada i pružio mogućnost da upoznam svijet istraživanja.

Veliko hvala mom asistentu dr.sc. Nikoli Sakaču na svom trudu, savjetima i vremenu koje je odvojio za mene prilikom izrade ovog rada. Ono što znam o istraživačkom radu, znam zahvaljujući Vama.