

Sól i kwas w chipsach ziemniaczanych

Projekt dydaktyczny realizowany przez asystentów chemiczno-technicznych (CTA) w szkole im. Adolfa Reichweina w Marburgu



Źródło obrazu: iStock.com

1 Wprowadzenie

Jednym z tematów w ramach przedmiotu (obszaru kształcenia) "Stosowanie metod elektrochemicznych" programu nauczania dla asystentów chemiczno-technicznych (CTA) w Hesji jest przeprowadzanie analiz ze wskazaniem elektrochemicznymi. Z reguły w tym kontekście omawiane jest rejestrowanie krzywych miareczkowania za pomocą pH-metru lub elektrody konduktometrycznej.

W opisanej tutaj jednostce dydaktycznej powyższe metody, miareczkowanie potencjometryczne roztworem azotanu srebra i jonoselektywna elektroda chlorkowa są wykorzystywane do oznaczania zawartości chlorku sodu i kwasu cytrynowego w chipsach ziemniaczanych o smaku soli i octu (patrz rys. 1).

W tym przykładzie wszystkie cztery metody analizy elektrochemicznej można zastosować do codziennego obiektu testowego w celu ilościowego oznaczenia wymienionych składników. Zawartość chlorku sodu została określona za pomocą miareczkowania potencjometrycznego roztworem azotanu srebra i za pomocą jonoselektywnej elektrody chlorkowej. Zawartość kwasu cytrynowego, który jest stosowany jako zakwaszacz zgodnie z instrukcjami producenta, określono za pomocą miareczkowania pH i miareczkowania konduktometrycznego.

Wszystkie eksperymenty zostały przeprowadzone przy użyciu czujników z systemu akwizycji danych (Pasco Scientific). Zmierzone wartości są przesyłane przez Bluetooth do iPada wyposażonego w odpowiednie oprogramowanie ("SPARKvue").

2 Opis jednostki dydaktycznej

Jednostka rozpoczęła się od wspomnianej wyżej torebki chipsów. Zebrano składniki i omówiono wartość odżywczą tej żywności. Niektórzy uczestnicy już wcześniej określali zawartość tłuszczu w chipsach ziemniaczanych na lekcjach chemii w swoich szkołach. Rzut oka na opakowanie (patrz ilustracja) ujawnił zawartość soli (2g/100g). Ponadto "kwas cytrynowy" i "ekstrakt octu spirytusowego" są wymienione jako zakwaszacz (patrz rys. 2 i 3).



2: Lista składników Chipsfrisch "Sól i ocet"

Diese Packung enthält ca. 6 Portionen. Eine Portion = 30 g Este paquete contiene aprox. 6 porciones. Una porción = 30 g			
Nährwertangaben / valores nutritivos			
	100 g	30 g (30 g)	%*
Energie / valor energético	2229 kJ / 534 kcal	668 kJ / 160 kcal	8 %
Fett / grasas	33 g	9,9 g	14 %
-davon gesättigte Fettsäuren / de los cuales saturadas	2,6 g	0,8 g	4 %
-davon einfach ungesättigte Fettsäuren / de los cuales monoinsaturadas	23,2 g	7,0 g	
-davon mehrfach ungesättigte Fettsäuren / de los cuales poliinsaturadas	2,2 g	0,7 g	
Kohlenhydrate / hidratos de carbono	50 g	15 g	6 %
-davon Zucker / de los cuales azúcares	2,8 g	0,8 g	1 %
Eiweiß / proteínas	5,4 g	1,6 g	3 %
Salz / sal	2,0 g	0,60 g	10 %

*Referenzmenge für einen durchschnittlichen Erwachsenen (8400 kJ / 2000 kcal) /
*Ingesta de referencia de un adulto medio (8400 kJ / 2000 kcal)

3: Informacje o wartościach odżywczych Chipsfrisch "Sól i ocet"

Podczas dyskusji w klasie wspólnie sformułowano następujące zadania:

- Określić udział masowy chlorku sodu (NaCl) w chipsach ziemniaczanych za pomocą elektrody jonoselektywnej (ISE) i miareczkowania potencjometrycznego roztworem azotanu srebra.
- Określić ułamek masowy kwasu cytrynowego w chipsach ziemniaczanych za pomocą miareczkowania pH i miareczkowania konduktometrycznego.

W tym celu początkowo opracowano następujące kroki:

3.1 Przygotowanie próbki i roztworów pomiarowych

Chlorek sodu i kwas cytrynowy są dobrze rozpuszczalne w wodzie i powinny łatwo rozpuścić się w chipsach ziemniaczanych. Następnym krokiem było wspólne określenie masy chipsów do zważenia i objętości wody, w której należy je rozpuścić, a także stężenia roztworów pomiarowych do miareczkowania. Należało również określić stężenia roztworów kalibracyjnych do pomiarów za pomocą elektrody jonoselektywnej (w tym przypadku jony chlorkowe są oznaczane metodą wzorca zewnętrznego).

Chipsy ziemniaczane zostały najpierw rozdrobnione (patrz Rys. 4). Obliczona wcześniej masa pokruszonych chipsów została zważona.



4: Chiara kruszy próbkę chipa

Przygotowanie roztworów próbek okazało się trudne, ponieważ chipsy ziemniaczane pęcznieją w wodzie i trudno było przefiltrować powstałą zawiesinę za pomocą sprzętu dostępnego w szkolnych laboratoriach. Ostatecznie dwie metody okazały się wykonalne i zostały wdrożone. Jedna grupa "przesiewała" powstałą zawiesinę i płukała przesiany materiał w kolbie miarowej (rys. 6). W drugim wariantcie zawiesina została napełniona wodą destylowaną w kolbie miarowej, a następnie odwirowana; supernatant został ostatecznie przefiltrowany przez szklany tygiel filtracyjny.



5 a: Sana "przesiewa"
roztwór próbki wiórów



5 b: Urządzenie do "przesiewania "



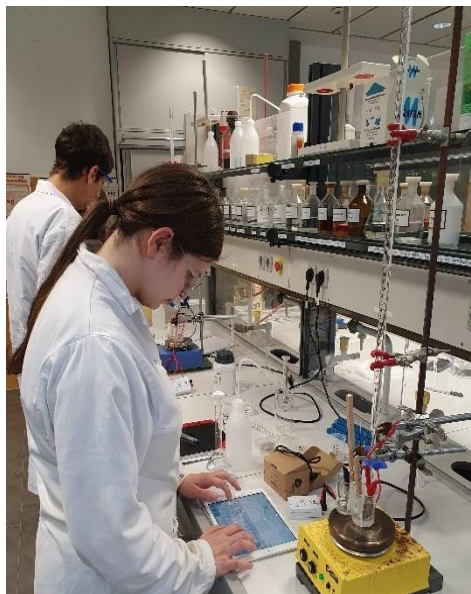
5 c: Sito od góry

3.2 Stacje metod analizy elektrochemicznej

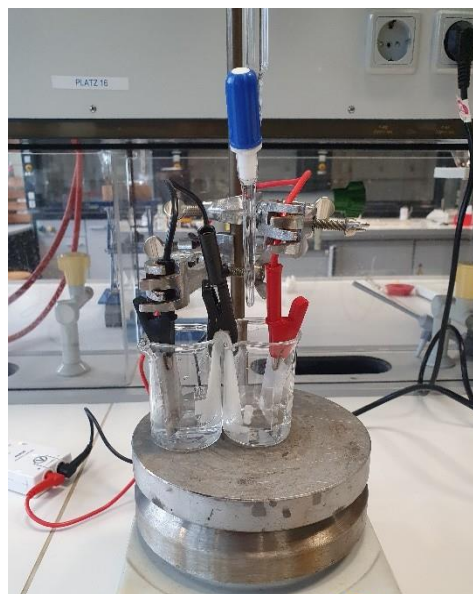
Poszczególne analizy były przeprowadzane na stacjach z wykorzystaniem przygotowanych w ten sposób roztworów próbek. Studenci otrzymali ogólne instrukcje dotyczące testu i zostali wprowadzeni do pracy z systemem akwizycji danych.

Stacja 1: Oznaczanie zawartości chlorków metodą miareczkowania potencjometrycznego roztworem azotanu srebra

Układ eksperymentalny składa się z dwóch zlewek umieszczonych na mieszadle magnetycznym i połączonych ze sobą za pomocą mostka solnego (Rys. 6 a i b).

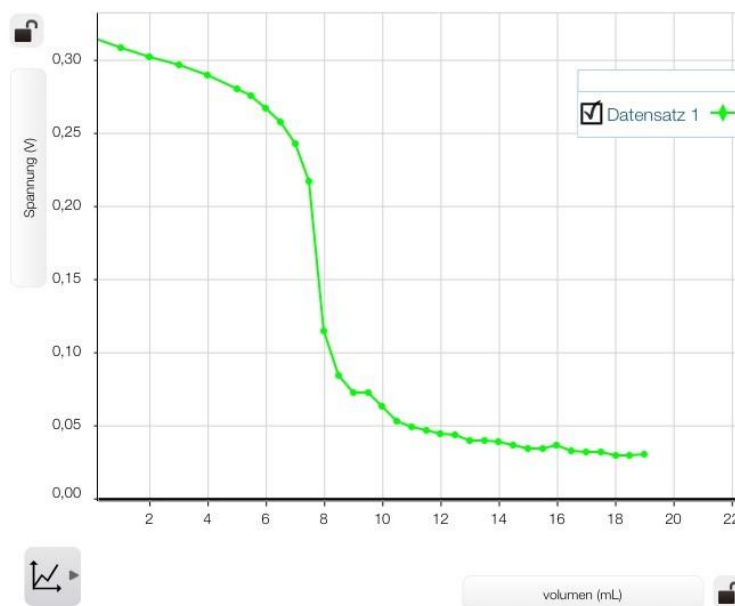


6 a: Chiara przewodząca
miareczkowanie
potencjometryczne roztworem
azotanu srebra



6 b: Układ eksperymentalny do
miareczkowania
potencjometrycznego

Jako roztwór wzorcowy przygotowano roztwór azotanu srebra ($c_{\text{AgNO}_3} = 0,1 \text{ mol/l}$), którym napełniono biuretę. 10 ml roztworu azotanu srebra wiano do półogniwa referencyjnego (lewa zlewka), a 10 ml roztworu próbki do prawej zlewki. Podłączono program akwizycji danych z czujnikiem napięcia i zmierzono napięcie po dodaniu 0,5 ml roztworu próbki. Zostało ono wykreślone przez program w stosunku do objętości dodanego roztworu pomiarowego. Po zakończeniu miareczkowania uzyskano wykres pokazany na Rys. 7:

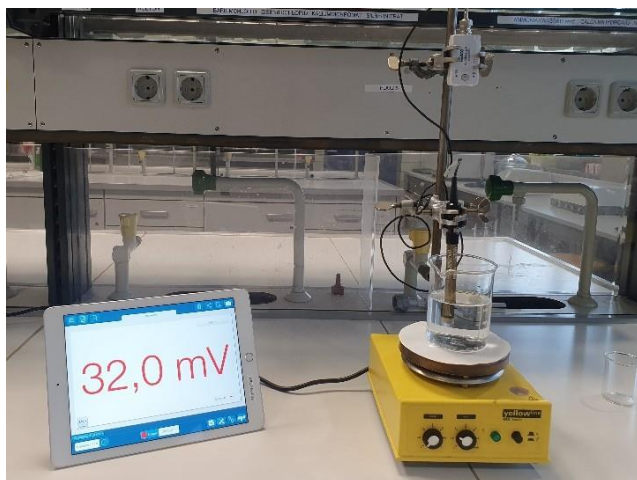


7: Krzywa miareczkowania zarejestrowana za pomocą programu akwizycji wartości pomiarowych

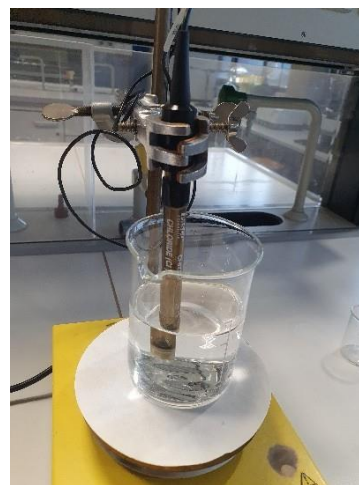
Punkt równoważności określono metodą prostokątną. W wyniku oceny otrzymano ułamek masowy NaCl $w(\text{NaCl}) = 1,6\%$. Zgodnie ze specyfikacją producenta ułamek masowy wynosi $w(\text{NaCl}) = 2\%$.

Stacja 2: Oznaczanie zawartości chlorków przy użyciu elektrody jonoselektywnej

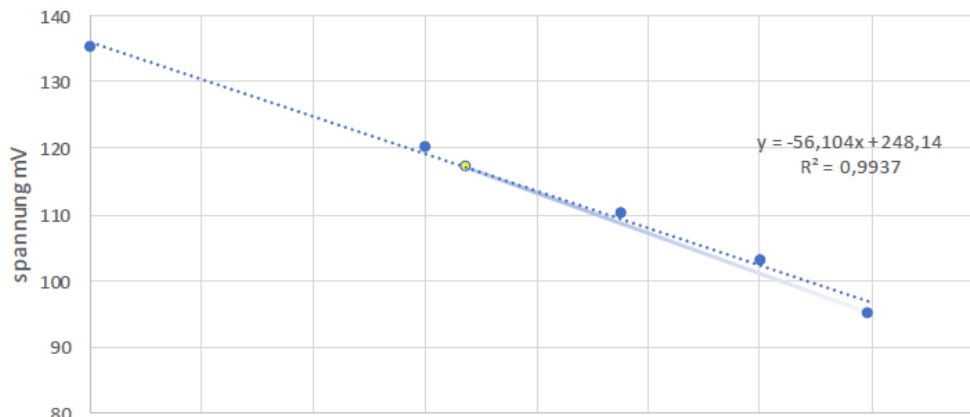
Zawartość chlorków miała być również mierzona przy użyciu elektrody jonoselektywnej (patrz rys. 8 a i b). Najpierw należało przygotować roztwory kalibracyjne. Napięcie roztworów kalibracyjnych i roztworu próbki zostało następnie zmierzone za pomocą elektrody jonoselektywnej. Wykres napięcia względem logarytmu stężenia ostatecznie dał wykres pokazany na Rys. 9:



8 a: Układ eksperymentalny do oznaczania chlorków przy użyciu elektrody jonoselektywnej



8 b: Elektroda jonoselektywna



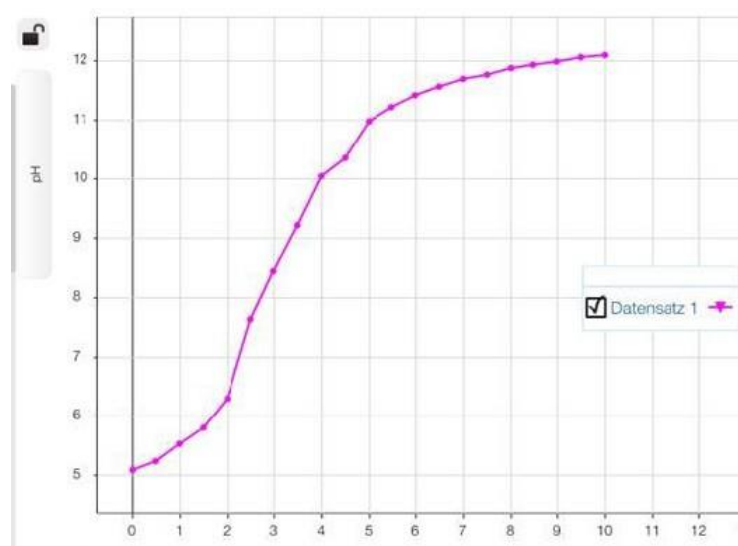
9: Wykres zmierzonego napięcia względem dużego stężenia

Ostatecznie uzyskano ułamek masowy NaCl wynoszący $w = 1,2\%$. Jednym ze źródeł błędów stosunkowo dużego odchylenia w wynikach obu metod może być to, że elektroda jonoselektywna była stosunkowo stara, a korelacja między stężeniem jonów chlorkowych a mierzonym napięciem nie była już prawidłowa. Kolejnym źródłem błędów może być również to, że próbka chipa nie była jednorodna i była z chlorku sodu w torebce chipsów, który nie przykleił się do chipsów. Ważniejsza od dokładnych wartości była z pewnością dyskusja na temat błędów, którą przeprowadzono wspólnie z uczniami.

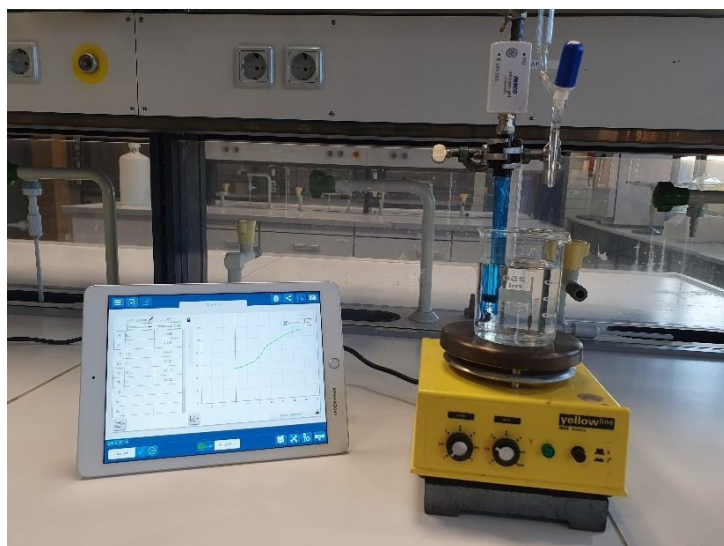
Zgodnie z informacją na torebce chipsów, kwas cytrynowy i "ekstrakt z octu brandy" są odpowiedzialne za kwaśny smak chipsów (patrz str. 2, rys. 2). Nie byliśmy w stanie wyjaśnić, co kryje się za terminem "ekstrakt z octu brandy", nawet po zapytaniu firmy "Funny". Założyliśmy, że ekstrakt ten jest odpowiedzialny za smak octu, a właściwości kwasowe wynikają głównie z kwasu cytrynowego. Dlatego też uprościliśmy określoną kwasowość, utożsamiając ją z zawartością kwasu cytrynowego.

Stacja 3: Oznaczanie zawartości kwasu cytrynowego za pomocą miareczkowania pH

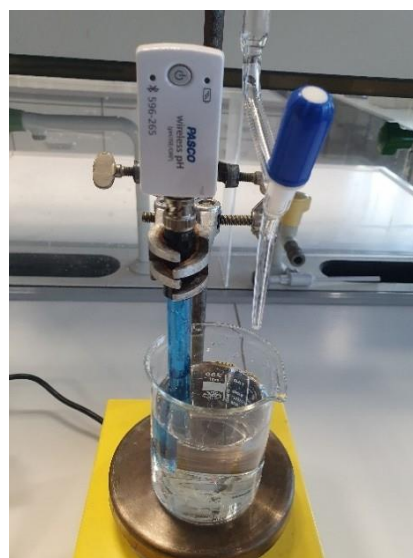
Na tym stanowisku przeprowadzono miareczkowanie kwasowo-zasadowe, które monitorowano za pomocą elektrody pH. Jako roztwór wzorcowy zastosowano roztwór wodorotlenku sodu o stężeniu $c = 0,1 \text{ mol/l}$. Przedstawiona poniżej krzywa miareczkowania została zarejestrowana przy użyciu programu akwizycji danych (patrz rys. 10). Kwas cytrynowy jest kwasem 3-protonowym, w którym wartości pK są zbliżone do siebie, więc można rozpoznać tylko trzeci punkt równoważnikowy. W konsekwencji, $n(\text{NaOH}) = 1/3 n(\text{kwas cytrynowy})$. Daje to ułamek masowy $w(\text{kwas cytrynowy}) = 0,82\%$.



10: Krzywa miareczkowania zarejestrowana za pomocą programu akwizycji zmierzonych wartości (wartość pH względem objętości roztworu wodorotlenku sodu)



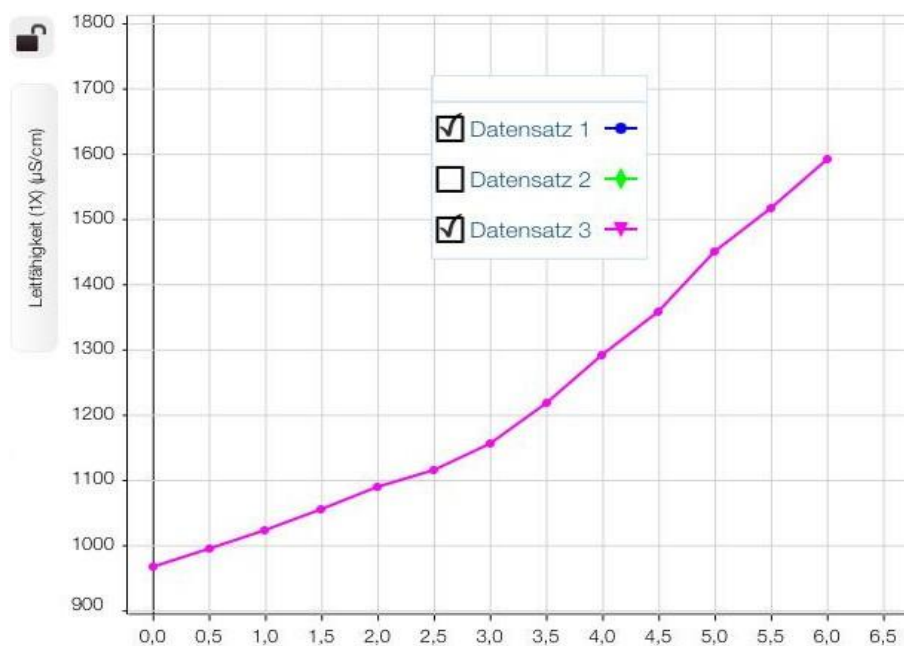
11 a: Układ eksperymentalny
do miareczkowania pH



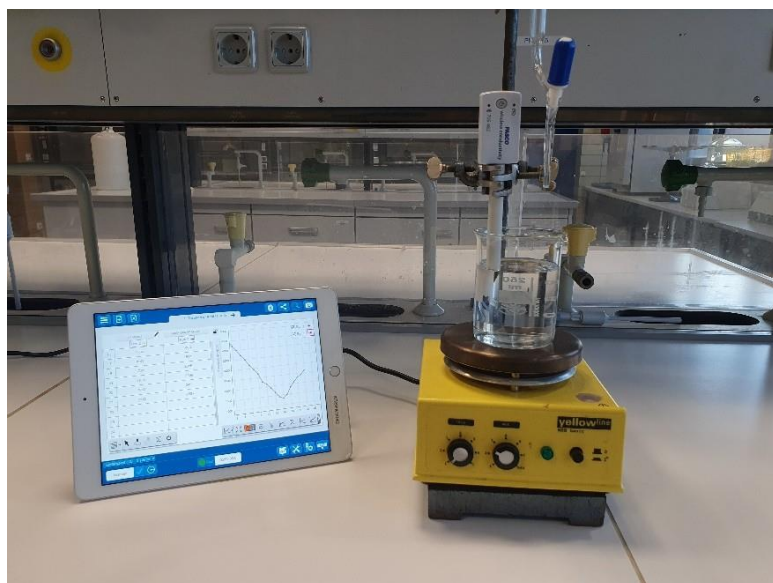
11 b: Elektroda pH

Stacja 4: Oznaczanie zawartości kwasu cytrynowego za pomocą miareczkowania konduktometrycznego

Przeprowadzono tu podobne miareczkowanie jak w stacji 3, z tą różnicą, że w tym przypadku było ono monitorowane za pomocą elektrody konduktometrycznej. Uzyskano krzywą miareczkowania pokazaną na Rys. 12, na której przewodność jest wykreślona względem objętości miareczkowanego roztworu wodorotlenku sodu. Krzywa jest typowa dla miareczkowania słabego lub średnio mocnego kwasu roztworem wodorotlenku sodu. Stosunkowo niskie przewodnictwo na początku miareczkowania wynika z dużej ilości niezdysoncjowanego kwasu obecnego na początku. Po osiągnięciu punktu równoważnikowego, który został określony przez zastosowanie dwóch stycznych, przewodność wzrasta z powodu swobodnie dostępnego OH⁻-jonów. Zużycie sody kaustycznej $V(\text{NaOH}) = 3,7 \text{ ml}$ zostało określone dla punktu równoważności. Dało to ułamek masowy $w(\text{kwas cytrynowy}) = 0,95\%$, co w przybliżeniu koreluje z wartością określoną w stacji 3.



12: Krzywa miareczkowania przewodnictwa elektrycznego



13 a: Układ eksperymentalny do miareczkowania konduktometrycznego 13 b: Elektroda konduktometryczna

3.3 Podsumowanie wyników

Analityk	Metoda	Wynik	Informacje o producencie
NaCl	Potencjometria	1,6 %	2 %
	Selektywność jonowa Elektroda	1,2 %	
Kwasowość (kwas cytrynowy)	Miareczkowanie pH	0,82%	Nie określono
	Miareczkowanie przewodnościowe	0,95%	

3.4 Wnioski

Seria lekcji pozwoliła na omówienie i praktyczne zastosowanie najważniejszych metod analizy elektrochemicznej w odniesieniu do badanego obiektu. Z jednej strony stworzyło to motywujące zadanie dla uczestników, a z drugiej strony poszczególne metody można było porównać ze sobą i omówić odchylenia.

Dzięki wykorzystaniu systemów akwizycji danych, krzywe miareczkowania mogły być generowane bezpośrednio za pomocą odpowiedniego programu, a także udostępniane studentom w celu ich oceny.

Stażyści byli bardzo zmotywowani przez 12 godzin zajęć - od planowania eksperymentów po degustację.

Dodatek

Opisy przeprowadzonych eksperymentów

1 Przygotowanie roztworów próbek

Urządzenia i substancje chemiczne:

Waga analityczna, zlewka 600 ml, ryba mieszająca i mieszadło magnetyczne, drobne sito, lejek, kolba miarowa 500 ml, "śmieszne chipsy", "sól i ocet".

Realizacja:

Okolo 15 g (stacje 1 i 2) lub 25 g (stacje 3 i 4) chipsów jest dokładnie ważonych na wadze analitycznej i kruszonych. Rozdrobnione chipsy są przenoszone do zlewki o pojemności 600 ml i mieszane z okolo 400 ml wody destylowanej. wody. Po dodaniu ryby mieszającej, zawiesinę miesza się na mieszadle magnetycznym przez okolo 10 minut. Zawiesinę przenosi się przez drobne sito za pomocą lejka do kolby miarowej o pojemności 500 ml (patrz str. 3, rys. 5a-c).

2 Oznaczanie zawartości chlorków metodą miareczkowania potencjometrycznego roztworem azotanu srebra (stacja 1)

Urządzenia i substancje chemiczne:

Pipeta wolumetryczna 10 mL, zlewki 2 x 50 mL, 2 srebrne płytki, bibuła filtracyjna, mieszadło magnetyczne z rybką mieszającą, biureta, 2 klipsy krokodylkowe, czujnik napięcia (Pasco Scientific), azotan srebra-

Rozwiązanie wymiarowe

($c = 0,01 \text{ mol/l}$).

Realizacja:

Eksperyment jest ustawiony tak, jak pokazano na Rys. 6b (str. 4). Dodaj 10 ml roztworu azotanu srebra do jednej zlewki i 10 ml roztworu próbki przygotowanego w punkcie 1 do drugiej zlewki. Srebrna elektroda jest zawieszona w każdej zlewce i podłączona do czujnika napięcia za pomocą zacisków krokodylkowych. Obie zlewki są połączone ze sobą za pomocą bibuły filtracyjnej nasączonej azotanem sodu. Roztwór azotanu srebra jest teraz miareczkowany do drugiej zlewki w odstępach 0,5 ml, a napięcie jest mierzone w każdym przypadku. W ten sposób uzyskano krzywą miareczkowania pokazaną na Rys. 7 (str. 5).

3 Oznaczanie zawartości chlorków przy użyciu elektrody jonoselektywnej (stacja 2)

Urządzenia i substancje chemiczne:

—Kolba miarowa 5 x 100 ml, pipeta 100 ml, roztwór podstawowy Cl ($\beta(\text{Cl}) = 1000 \text{ mg/l}$) (przygotowany z NaCl), roztwór NaNO_3 ($c = 5 \text{ mol/l}$) (regulator siły jonowej, ISA),

Realizacja:

—W kolbach miarowych o pojemności 100 ml z roztworu podstawowego Cl przygotowuje się 5 roztworów kalibracyjnych o stężeniu masowym Cl wynoszącym $\beta(\text{Cl}) = 100\text{-}500 \text{ mg/l}$. Każdy roztwór (100 ml) przenosi się do zlewki o pojemności 150 ml i miesza z 2 ml ISA. Zlewkę umieszcza się na mieszadle magnetycznym, dodaje rybę mieszającą i mierzy napięcie za pomocą elektrody jonoselektywnej (patrz str. 5, rys. 8a i b). W ten sam sposób należy postępować ze 100 ml roztworu próbki przygotowanego w punkcie 1, który jest również pipetowany do zlewki o pojemności 150 ml za pomocą pipety wolumetrycznej. Zmierzone napięcia są wykreślane względem logarytmu stężenia (patrz str. 6, Rys. 9).

4 Oznaczanie zawartości kwasu cytrynowego za pomocą miareczkowania pH i miareczkowania konduktometrycznego (stacje 3 i

4)**Urządzenia i substancje chemiczne:**

Elektroda pH, elektroda pomiaru przewodności, pipeta 50 ml, zlewka 250 ml, mieszadło magnetyczne i ryba mieszająca, biureta, roztwór wzorcowy NaOH ($c = 0,1 \text{ mol/l}$)

Realizacja:

Odpipetować 50 ml roztworu próbki przygotowanego w punkcie 1 do zlewki o pojemności 250 ml i uzupełnić do około 100 ml wodą destylowaną. wody. Umieścić zlewkę z mieszadłem na mieszadle magnetycznym i - używając statywu i zacisków - zamocuj elektrodę pH tak, aby była zanurzona w cieczy bez kontaktu z mieszadłem (patrz str. 7, rys. 11a i b). Miareczkować roztworem NaOH ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) za pomocą biurety i określić wartość pH po dodaniu 0,5 ml. Dane są ponownie rejestrowane za pomocą programu SPARKvue (patrz str. 1). Wynikiem jest krzywa miareczkowania pokazana na Rys. 10 (str. 7). Ta sama konfiguracja eksperymentalna jest używana do miareczkowania konduktometrycznego (stacja 4) z tą różnicą, że miareczkowanie jest teraz monitorowane za pomocą elektrody konduktometrycznej (patrz str. 8 rys. 13a i b). Wynikiem jest krzywa miareczkowania pokazana na Rys. 12 (str. 8), na której objętość roztworu wzorcowego NaOH jest wykreślana względem przewodności.