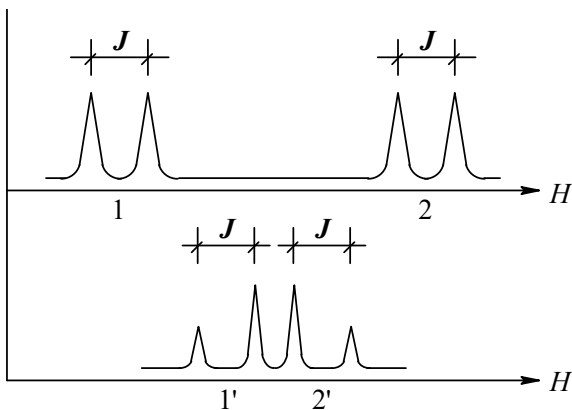


UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

# METODE FIZICO-CIMICE DE ANALIZĂ

Ciclu de prelegeri



Chişinău  
2018

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**  
**FACULTATEA TEHNOLOGIA ALIMENTELOR**  
**DEPARTAMENTUL CHIMIE**

**METODE FIZICO-CHIMICE**  
**DE ANALIZĂ**

**Ciclu de prelegeri**

**Chișinău**  
**Editura “Tehnica-UTM”**  
**2018**

**CZU 543.5(075.8)**

**Z 14**

Lucrarea prezintă o sinteză a metodelor fizico-chimice de analiză, utilizate în cercetarea produselor alimentare și farmaceutice. Poate servi drept suport pentru formarea specialiștilor în domeniul științelor agro-alimentare, farmaceutică, medicină preventivă, precum și pentru obținerea noilor cunoștințe în cadrul formării continue. Această lucrare este un ciclu de prelegeri aprofundat la disciplina Metode fizico-chimice de analiză și este destinată masteranzilor și studenților de la Facultatea Tehnologia Alimentelor, Universitatea Tehnică a Moldovei cu specializările și opțiunile următoare 0710.1 *Inginerie și Management în Industria Alimentară*, 0711.4 *Biotehnologii Industriale*, 0721.1 *Tehnologie și Management în Alimentația Publică*, 0721.2 *Tehnologia Produselor Alimentare*, 0721.3 *Tehnologia Vinului și Produselor de Fermentare*.

Elaborare: conf.univ., dr. Larisa Zadorojnâi

Recenzent: prof.univ., dr. hab. Rodica Sturza

Redactori responsabili: conf.univ., dr. Larisa Zadorojnâi

conf.univ., dr. Ana Verejan

Asistență computerizată: conf.univ., dr. Alexandru Zadorojnâi

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII**

**Zadorojnâi, Larisa.**

Metode fizico-chimice de analiză: Ciclu de prelegeri / Larisa Zadorojnâi ; Univ. Tehn. a Moldovei, Fac. Tehnologia Alimentelor, Dep. Chimie. – Chișinău: Tehnica-UTM, 2018. – 255 p. : fig., tab.

Aut. este indicat pe vs. f. de tit. – Bibliogr.: p. 248-249 (36 tit.).  
– 50 ex.

ISBN 978-9975-45-515-2.

543.5(075.8)

Z 14

**ISBN 978-9975-45-515-2.**

© UTM, 2018

© Larisa Zadorojnâi, 2018

## SCOPUL ȘI OBIECTIVELE DISCIPLINEI

Disciplina **Metode fizico-chimice de analiză** este un compartiment al științelor fundamentale, scopul căreia constă în dezvoltarea principiilor și metodelor fizice și fizico-chimice de analiză și cercetare a compușilor și amestecurilor de compuși chimici. Întrucât chimia produselor alimentare este nemijlocit legată de studiul compușilor și amestecurilor de compuși chimici, care se conțin în produsele alimentare, băuturi și alte produse atât naturale, cât și sintetice, utilizate în industria alimentară, este deosebit de important ca viitorul inginer-tehnolog să perceapă obiectul acestei discipline și să posede minimumul de cunoștințe și deprinderi în domeniu, care i-ar ajuta în continuare să efectueze diverse cercetări cu aplicabilitate practică la specializare în ramura de producție.

Astfel, în cadrul disciplinei, studenții obțin cunoștințe și își formează deprinderi să efectueze de sine stătător diverse cercetări, pentru ca în continuare să fie apti să decidă singuri, ce metodă de analiză optimă să fie utilizată pentru a obține cât mai multă informație calitativă și cantitativă despre obiectul cercetat în ramura aleasă.

Controlul contemporan al produselor alimentare, materiei prime și deșeurilor de producție, pe piața de desfacere, necesită cunoaștere profundă a metodelor instrumentale moderne de analiză, pentru realizarea analizelor la standard internațional.

În lucrare sunt prezentate aspecte teoretice ale metodelor instrumentale, sunt descrise fenomenele fizice, chimice și fizico-chimice care stau la baza analizei, sunt descrise utilajele și ustensilele metodei, sunt date explicații asupra tehnicii de lucru și aplicații practice în diverse domenii.

Ciclul de prelegeri oferă cititorului un studiu a mai multor metode fizico-chimice importante, aplicate la diverse cercetări în domeniul produselor alimentare, mediului ambiant, medicină etc.

## CUPRINS

Scopul și obiectivele disciplinei .....	3
1. Metode spectrale și optice de analiză .....	4
1.1. Interacțiunea radiației electromagnetice cu substanța. Spectrul radiației electromagnetice.....	4
1.2. Absorbția și emisia radiației electromagnetice .....	8
1.3. Analiza spectrală de emisie atomică (spectroscopia de emisie atomică) .....	10
1.3.1. Spectroscopia de emisie în flacără (flamfotometria).....	12
1.4. Analiza spectrală de absorbție atomică (spectroscopia de absorbție atomică) .....	16
1.5. Analiza spectrală de absorbție moleculară (spectroscopia de absorbție moleculară).....	17
1.5.1. Fotometria. Legea fundamentală a absorbției luminii. Legea Bouguer-Lambert-Beer .....	17
1.5.2. Spectre de absorbție.....	21
1.5.3. Geneza spectrelor de absorbție moleculară .....	22
1.5.4. Condițiile optime pentru dozările fotometrice .....	32
1.5.5. Analiza fotometrică cantitativă.....	35
1.5.6. Legea aditivității. Analiza fotometrică a amestecurilor cu mai mulți componenți.....	37
1.5.7. Titrări fotometrice .....	39
1.6. Nefelometria și turbidimetria.....	41
1.7. Spectrometre utilizate în fotometrie .....	45
1.8. Analiza luminescentă.....	50
1.9. Analiza spectrală bazată pe difuziunea combinată a luminii.....	55
1.10. Spectrometria în IR. Spectre de vibrație. Identificarea calitativă a compușilor chimici .....	58
1.11. Spectrometria de rezonanță magnetică nucleară (RMN).....	61
1.11.1. Fenomenul de rezonanță magnetică nucleară.....	62
1.11.2. Principiul de funcționare a spectrometrului de RMN.....	67
1.11.3. Analiza spectrelor RMN.....	69
1.12. Spectrometria de masă.....	73
1.12.1. Principiul spectrometriei de masă .....	74
1.12.2. Tehnici noi utilizate în spectrometria de masă .....	75
1.12.3. Funcționarea spectrometrului de masă .....	76
1.12.4. Prezentarea generală a unui spectru de masă.....	80

1.12.5. Determinarea formulei moleculare a substanței analizate .	82
1.12.6. Tehnologia ICP-MS (plasma cuplată inductiv - spectrometrie de masă).....	86
1.13. Polarimetria .....	87
1.13.1. Rotirea planului de polarizare a luminii .....	87
1.13.2. Măsurarea activității optice .....	89
1.13.3. Rotația molară a planului de polarizare.....	92
1.13.4. Analiza spectropolarimetrică.....	94
1.14. Analiza refractometrică .....	95
1.14.1. Indicele de refracție și reflexia internă totală .....	95
1.14.2. Măsurarea indicelui de refracție .....	98
1.14.3. Refracția moleculară.....	100
2. Metode cromatografice de separare și analiză.....	101
2.1. Scurt istoric al dezvoltării metodelor cromatografice de separare și analiză .....	101
2.2. Clasificarea metodelor cromatografice de separare și analiză...	102
2.3. Dinamica proceselor cromatografice. Definirea parametrilor de retenție .....	104
2.3.1. Picul cromatografic .....	108
2.3.2. Metoda talerelor teoretice (MTT).....	111
2.3.3. Teoria cinetică .....	114
2.3.4. Factorii care influențează eficacitatea de separare .....	117
2.3.5. Rezoluția - criteriul de separare - Rs. Coeficientul de selectivitate - $\beta$ .....	117
2.3.6. Forma picului cromatografic .....	119
2.4. Cromatografia de gaze.....	121
2.4.1. Cromatografia gaz-lichid.....	121
2.4.2. Cromatografia gaz-solid .....	127
2.4.3. Accesoriile și ustensilele în cromatografia de gaze.....	129
2.5. Cromatografia de lichide .....	140
2.5.1. Cromatografia de lichide de înaltă performanță (HPLC) ..	140
2.5.2. Cromatografia prin excluziune sterică.....	146
2.5.3. Cromatografia de lichide bazată pe separări chirale.....	149
2.5.4. Cromatografia prin schimb ionic.....	150
3. Metode electrochimice de analiză .....	159
3.1. Analiza conductometrică (conductometria).....	160
3.1.1. Conductibilitatea electrică a soluțiilor.....	160
3.1.2. Clasificarea metodelor conductometrice de analiză .....	164

3.1.3. Măsurarea conductibilității electrice .....	165
3.1.4. Conductometria la curent de înaltă frecvență.....	167
3.2. Analiza potențiomtrică (potențiomtria).....	169
3.2.1. Echilibre de oxido-reducere (redox).....	170
3.2.2. Electrozi. Potențial electrochimic (de electrod). Potențial de oxido-reducere (redox).....	172
3.2.3. Termodinamica electrochimică. Ecuațiile lui Nernst. Calcularea potențialului electrochimic (redox).....	177
3.2.4. Factorii care influențează valoarea potențialului (redox)..	180
3.2.5. Caracteristica electrozilor .....	184
3.2.6. Celula galvanică. Măsurarea potențialului. electrochimic. Redoximetria .....	191
3.2.7. pH – metria.....	195
3.2.8. Caracterul oxidant al apei.....	199
3.2.9. Constanta de echilibru pentru reacțiile redox.....	200
3.2.10. Titrarea potențiomtrică. Reprezentarea grafică a proceselor electrochimice de oxido-reducere. Curbe de titrare .....	204
3.3. Analiza coulombmetrică. Electroliza .....	207
3.3.1. Celula electrolitică.....	207
3.3.2. Potențialul de descompunere și supratensiunea .....	208
3.3.3. Legile electrolizei .....	210
3.3.4. Coulombmetria.....	212
3.4. Analiza voltamperometrică (voltamperometria).....	218
3.4.1. Analiza polarografică (polarografia).....	220
3.4.2. Titrarea amperometrică .....	231
3.5. Electroforeza .....	236
3.5.1. Clasificarea metodelor de separare prin electroforeză.....	238
3.5.2. Descrierea aparatului și modul de lucru .....	240
3.5.3. Electroforeza capilară.....	241
3.5.4. Avantajele electroforezei.....	246
Bibliografie .....	248
Anexă.....	250

## BIBLIOGRAFIE

1. Gheorghe Nemțoi, Victor Isac. Chimie fizică. Electrochimie. Chișinău: Știința, 1997.
2. V. P. Vasiliev. Chimie analitică. Metode instrumentale de analiză. Vol. 2. Traducere din limba rusă de M. Revenco ș. a. Chișinău: Universitas, 1991.
3. Donald J. Pietrzyk, Clyde W. Frank. Chimie analitică. Traducere din limba engleză de V. Simion. București: Editura Tehnică, 1989.
4. I. Gurețki, V. Kuznețov, L. Kuznețova ș. a. Compendiu de lucrări practice: metode fizico-chimice de analiză. Traducere din limba rusă de A. Russu ș. a. Chișinău: Lumina, 1993.
5. A. Duca, C. Luca, I. A. Crișan. Chimia analitică și analiza instrumentală. București: Ed. Didactică și Pedagogică, 1983.
6. B. N. Stepanenco. Curs de chimie organică. Chișinău: Lumina, 1970.
7. F. Badea, F. Kerek. Stereochimie. București: Editura Științifică, 1974.
8. C. Liteanu, S. Gocan și A. Bold. Separatologie analitică. Cluj-Napoca: Editura Dacia, 1981.
9. C. Liteanu, S. Gocan, T. Hodișan, H. Nașcu. Cromatografia de lichide. București: Editura Științifică, 1974.
10. G. Cîmpan, S. Cobzac. Metode analitice de separare. Manual de lucrări practice. Cluj-Napoca: Universitatea "Babes-Bolyai", 1995.
11. Elena Jersan. Metode de separare în chimia analitică. București: Editura Tehnică, 1983.
12. Elena Jersan. Electroforeza. București: Editura Tehnică, 1984.
13. N. Necula, A. Micu, V. Marinoiu. Cromatografie de proces. București: Editura Tehnică, 1980
14. Ileana Funduc. Electroforeza capilară. Revista Română de Medicină de Laborator. Vol. 2, Nr. 1, Martie, 2006, P. 88-94.
15. I. Pogany., M. Banciu. Metode fizice în chimia organică. București: Editura Științifică, 1972.
16. A. Rusu, V. Bodi. Metode fizico-chimice. Electrochimie. Îndrumar de lucrări practice. Chișinău: UTM, 1999.
17. R. Sturza, Iu. Subotin, V. Amarii. Metode optice de analiză. Îndrumar de laborator. Chișinău: UTM, 2002.
18. L. Zadorojnâi. Metode cromatografice de separare și analiză. Îndrumar de laborator. Chișinău: UTM, 1998.



19. L. Zadorojnâi. Analize fizico-chimice. Ciclul de prelegeri. Chişinău: UTM, 2002.
20. Rodica Sturza. Principii moderne de analiză a alimentelor. Monografie, Chişinău: UTM, 2006.
21. Ю. С. Ляликов. Физико-химические методы анализа, М.: Химия, 1974.
22. А. П. Крешков. Основы аналитической химии, Т. 3, М.: Химия, 1977.
23. В. Ф. Барковский. Физико-химические методы анализа. М.: Химия, 1972.
24. Физико-химические методы анализа. Под ред. проф. В. Б. Алесковского и проф. К. Б. Яцимирского. Л.: Химия, 1988.
25. В. Л. Кубасов, С. А. Зарецкий. Основы электрохимии. М.: Химия, 1976.
26. Я. И. Коренман. Практикум по аналитической химии. Электрохимические методы анализа. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1992.
27. Т. Я. Паперно и др. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии. М.: Просвещение, 1977.
28. А. К. Бабко и др. Физико-химические методы анализа, М.: Высшая школа, 1968.
29. Э. Ю. Янсон. Теоретические основы аналитической химии, М.: Высшая школа, 1987.
30. Н. Я. Логинов и др. Аналитическая химия. М.: Химия, 1979.
31. Руководство по аналитической химии. Под ред. Ю. А. Клячко. М.: Химия, 1975.
32. И. К. Цитович. Курс аналитической химии, М.: Химия, 1977.
33. Д. А. Вяхирев, А. Ф. Шушунова. Руководство по газовой хроматографии. М.: "Высшая школа", 1987.
34. Б. В. Айвазов. Основы газовой хроматографии. М.: "Высшая школа". 1977.
35. Б. В. Столяров, И. М. Савинов, А. Г. Витенберг. Руководство к практическим работам по газовой хроматографии. "Химия". Ленинградское отделение, 1978.
36. Ю. Ю. Лурье. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979.