

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБІНСЬКОГО  
ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ХІМІЇ ТА МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ХІМІЇ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТАМІННОГО, МАКРО- ТА  
МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ СТЕБЕЛ ЦУКРОВОГО СОРГО,  
СОРГОВОГО СОКУ ТА СИРОПУ»

Студента 2 курсу МХ групи  
Освітньої програми: Хімія. Прикладна хімія  
(хімічний контроль об'єктів довкілля, харчових  
продуктів та лікарських препаратів)  
Спеціальності: 102 Хімія  
Галузі знань: 102 Хімія  
Ступеня вищої освіти: магістр

**Пугаченка Олександра Юрійовича**

Науковий керівник: Петрук Г.Д., доцент кафедри  
хімії та методики навчання хімії, доцент, кандидат  
технічних наук

Розширена шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

|                              |          |                      |
|------------------------------|----------|----------------------|
| Члени Екзаменаційної комісії | _____    | _____                |
|                              | (підпис) | (ініціали, прізвище) |
|                              | _____    | _____                |
|                              | (підпис) | (ініціали, прізвище) |
|                              | _____    | _____                |
|                              | (підпис) | (ініціали, прізвище) |

## АНОТАЦІЯ

В рамках даної роботи було проведено літературний огляд наявних методик аналізу методами високоефективної рідинної хроматографії, спектрофотометрії та гравіметрії, і вперше проведено їх модифікацію та адаптацію для досліджуваних об'єктів. Досліджено якісний та кількісний склад стебел цукрового сорго, соргового соку та сиропу на наявність водорозчинних вітамінів, а також макро- та мікроелементів. Встановлено, що цукрове сорго, сорговий сік та сорговий сироп містять в значних кількостях водорозчинні вітаміни, есенціальні елементи. Причому їх вміст більший у рослин, зібраних раніше, а більш пізнє збирання урожаю помітно знижує цінність соку і, відповідно, отриманого з нього сиропу. Під час освітлення та упарювання соку при підвищених температурах суттєвих втрат вітамінів не спостерігається. Проте відмічені зміни в елементному складі.

Ключові слова: цукрове сорго, тонкошарова хроматографія, рідинна хроматографія, водорозчинні вітаміни, сорговий сік, сорговий сироп, мікро- та макроелементи.

As part of this work, a literature review of available methods of analysis using high-performance liquid chromatography, spectrophotometry, and gravimetry was conducted, and for the first time their modification and adaptation for the objects under study was carried out. The qualitative and quantitative composition of sugar sorghum stalks, sorghum juice and syrup was investigated for the presence of water-soluble vitamins, as well as macro- and microelements. It has been established that sugar sorghum, sorghum juice and sorghum syrup contain significant amounts of water-soluble vitamins and essential elements. Moreover, their content is greater in plants harvested earlier, and later harvesting significantly reduces the value of the juice and, accordingly, the syrup obtained from it. During clarification and evaporation of juice at elevated temperatures, no significant loss of vitamins is observed. However, changes in the elemental composition were noted.

Keywords: sugar sorghum, thin-layer chromatography, liquid chromatography, water-soluble vitamins, sorghum juice, sorghum syrup, micro- and macroelements.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП   | 5  |
| РОЗДІЛ I. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦУКРОВОГО СОРГО   | 8  |
| РОЗДІЛ II. ПІДГОТОВКА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ  | 12 |
| РОЗДІЛ III. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ  | 16 |
| 3.1 Реактиви та матеріали   | 16 |
| 3.2 Вивчення властивостей соргового соку та сиропу  | 17 |
| 3.3 Дослідження методом тонкошарової хроматографії  | 18 |
| 3.4 Дослідження методом ВЕРХ  | 20 |
| 3.5 Спектрофотометричний аналіз   | 23 |
| 3.5.1 Визначення алюмінію   | 24 |
| 3.5.2 Визначення заліза   | 26 |
| 3.5.3 Визначення міді   | 27 |
| 3.5.4 Визначення марганцю   | 28 |
| 3.5.5 Визначення кобальту   | 29 |
| 3.5.6 Визначення кальцію  | 30 |
| 3.5.7 Визначення магнію   | 32 |
| 3.5.8 Визначення хрому  | 33 |
| 3.5.9 Визначення молібдену  | 34 |
| 3.5.10 Визначення літію   | 36 |
| 3.5.11 Визначення цинку   | 38 |
| 3.5.12 Визначення ванадію   | 39 |
| 3.5.13 Визначення бору  | 41 |
| 3.5.14 Визначення калію   | 42 |
| РОЗДІЛ IV. РЕЗУЛЬТАТИ КІЛЬКІСНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТАМІННОГО<br>ТА ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ І ЇХ ОБГОВОРЕННЯ | 44 |
| ВИСНОВКИ  | 49 |
| ДОДАТКИ   | 51 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ  | 53 |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. INNO WIEWS. Buletin informativ-analitic. Agenția pentru Inovare și Transfer Tehnologic a Academiei de Științe a Moldovei. Dec. 2008, 12 p.
2. Методичні рекомендації з інноваційних технологій вирощування та переробки сорго для використання в якості альтернативних джерел енергії. ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», департамент агропромислового комплексу Херсонської ОДА. 2017. 22 с.
3. MORARU, Gheorghe; PAVLENCU, Vasile; VOLOȘCIUC, Leonid; TODIRAȘ, Vladimir; BATCO, Mihail. Hibrizi perspective de sorg zaharat pentru obtinerea produselor alimentare, nutreturilor si resurselor bioenergetice. In: Biotehnologii avansate – realizări și perspective Simpozionul științific național cu participare internațională. Ediția III-a, 24-25 octombrie 2013, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tipografia Academiei de Științe a Moldovei, 2013, p. 119.
4. MORARU, Gheorghe. Hibrizi autohtoni de sorg zaharat pentru obținerea produselor alimentare, nutrețurilor și resurselor bioenergetice. In: Biotehnologii avansate – realizări și perspective Simpozionul științific național cu participare internațională. Editia a V-a, 21-22 octombrie 2019, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Centrul Editorial-Poligrafic al USM, 2019, p. 168.
5. Ясенецький В., Таргоня В., Погоріла В., Куянов В., Бардін Я. Ефективність використання цукрового сорго на енергетичні та харчові потреби. Техніка і технології АПК. Науково-виробничий журнал. №2 (89) лютий 2017.
6. [http://www.vedomosti.md/news/Saharnoe\\_Sorgo\\_Poleznoe\\_Vygodnoe\\_I\\_Zabytoe/index.html](http://www.vedomosti.md/news/Saharnoe_Sorgo_Poleznoe_Vygodnoe_I_Zabytoe/index.html)
7. Григоренко Н.О. Удосконалення технології харчового сиропу із цукрового сорго: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2010. 20 с.
8. E. L. Ponder, B. Fried, and J. Sherma. Thin-layer chromatographic analysis of hydrophilic vitamins in standards and from *Helisoma trivolvis* snails. Acta Chromatografica No. 14. 2004.

9. Jette Jakobsen. Optimisation of the determination of thiamin, 2-(1-hydroxyethyl)thiamin, and riboflavin in food samples by use of HPLC. *Food Chemistry* 106 (2008) 1209–1217.
10. Xueyan Tang, Denis A. Cronin, Nigel P. Brunton. A simplified approach to the determination of thiamine and riboflavin in meats using reverse phase HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis* 19 (2006) 831–837.
11. Boguslaw Buszewski & Wojciech Zbanyszek (2005) determination of different solubility vitamins in pharmaceutical preparations. I. Hplc column switching, *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 25:8, 1229-1241.
12. D. Ivanović, A. Popović, D. Radulović, M. Medenica. Reversed-phase ion-pair HPLC determination of some water-soluble vitamins in pharmaceuticals. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 18 (1999) 999–1004.
13. Žane Temova Rakuša, Andrej Grobin, Robert Roškar. A comprehensive approach for the simultaneous analysis of all main watersoluble vitamins in multivitamin preparations by a stability-indicating HPLC-DAD method. *Food Chemistry* 337 (2021) 127768.
14. Marco Ciulua et al. RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta* 83 (2011) 924–929.
15. Wilson, A. D., & Sergeant, G. A. (1963). The colorimetric determination of aluminium in minerals by pyrocatechol violet. *The Analyst*, 88(1043), 109.
16. Røyset, O. (1985). Comparison of four chromogenic reagents for the flow-injection determination of aluminum in water. *Analytica Chimica Acta*, 178, 223–230.
17. Marczenko Z., Jarosz M. Formation of ternary complexes of aluminium with some triphenylmethane reagents and cationic surfactant. *Analyst*, 107, 1431 (1982).
18. Standardised general method for the determination of iron with 1,10-phenanthroline. (1978). *The Analyst*, 103(1225), 391.

19. B. Jankiewicz, B. Ptaszyński, A. Turek. Spectrophotometric determination of iron (II) in the soil of selected allotment gardens in Łódź. Polish Journal of environmental studies. Vol. 11, No. 6 (2002), 745-749.
20. Skowron, Monika; Zakrzewski, Robert; Ciesielski, Witold; Rembisz, Żaneta (2014). Quantitative Method of Disulfiram Determination by Thin-Layer Chromatographic Image Analysis Technique. Journal of Planar Chromatography – Modern TLC, 27(2), 107–112.
21. Malik, A. K., & Rao, A. L. J. (1992). Spectrophotometric Determination of Ziram by Coprecipitating the Corresponding Copper(II) or Palladium(II) Complex with Naphthalene. Journal of the Chinese Chemical Society, 39(3), 235–238.
22. Purohit, D. N., & Singh, R. (1992). REVIEW OF SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR DETERMINATION OF COPPER. Reviews in Analytical Chemistry, 11(1-2), 1–147.
23. E. Stryjewska, B. Krasnodebska, H. Biata, J. Teperekand S. Rubel Heavy Metal Determination in Moss Samples from the Kampinos National Park Chem. Anal. (Warsaw), 39, 483 (1994).
24. Kuroda, R., Matsuzawa, Y., & Oguma, K. (1987). Spectrophotometric microanalysis of silicate rocks for manganese after fusion with a lithium carbonate — boric acid mixture. Fresenius' Zeitschrift Für Analytische Chemie, 326(2), 156–157.
25. Abdullah M.I. The authomatic determination of manganese in silicate rocks and sediments. Anal. Chim. Acta 40, 526 (1968).
26. Wünsch, G. (1979). Photometric determination of cobalt with nitroso-R-salt. Talanta, 26(2), 177–179.
27. Ram, G., Chauhan, R. S., Goswami, A. K., & Purohit, D. N. (2003). Review of Spectrophotometric Methods for Determination of Cobalt(II). Reviews in Analytical Chemistry, 22(4).

28. Milligan, C. W., & Lindstrom, F. (1972). Colorimetric determination of calcium using reagents of the glyoxal bis(2-hydroxyanil) class. *Analytical Chemistry*, 44(11), 1822–1829.
29. Kerr, J. R. W. (1960). The spectrophotometric determination of microgram amounts of calcium. *The Analyst*, 85(1017), 867.
30. V.C. Bittencourt, R.A. Catani, H. Bergamin Filho, J.E. Soares. DETERMINAÇÃO DO CÁLCIO TROCÁVEL EM SOLOS PELO MÉTODO DO GLIOXAL bis (2-hidroxianil). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz* 25:137-147
31. Shibata, S., Uchiumi, A., Sasaki, S., & Goto, K. (1969). Spectrophotometric determination of magnesium with chromotrope 2r. *Analytica Chimica Acta*, 44(2), 345–352.
32. Kassim, A. Y., & Sulfab, Y. (1981). Kinetics and mechanism of the chromium(III)-periodate reaction. *Inorganic Chemistry*, 20(2), 506–509.
33. Besada, A. (1974). Twelve-fold amplification method for the volumetric determination of chromium(III) using potassium periodate as oxidant. *Fresenius' Zeitschrift Für Analytische Chemie*, 271(5), 368–368.
34. Bryson, W. G., & Goodall, C. M. (1981). Improved spectrophotometric determination of chromium in animal tissue digests with diphenylcarbazide. *Analytica Chimica Acta*, 124(2), 391–401.
35. Febrian, Muhammad Basit and Mulyati, Titin Sri and Suherman, Ade and Adventini, Natalia and Setiadi, Yanuar and Setiawan, Duyeh and Aziz, Azmairit SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM CONTENT IN <sup>99m</sup>Tc SOLUTION VIA MO-TGA-KSCN COMPLEXES FORMATION. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 19 (2). pp. 71-80.
36. Ivanov, V. M., Kochelaeva, G. A., & Prokhorova, G. V. (2002). *Journal of Analytical Chemistry*, 57(9), 758–772.
37. L. Ya-xing, “Determination of Molybdenum(VI) in Peanut and Soybean by Ionic Liquid Sensitized Salicyl Fluorone Sepctrophotometry,” *Hubei Agricultural Sciences*, Jan. 2013.



38. Пугаченко, О.Ю., Мородецький, О. В. Можливості експресного виявлення літію з метою дослідження саморобних вибухових пристроїв після приведення їх у дію. Криміналістичний вісник, 2, 2015, 158-166
39. Z. Marczenko, M. Balcerzak. Spektrofotometryczne metody w analizie neorganicznej. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 1998
40. Ю.П. Холмовой. Фотоколориметрическое определение цинка в присутствии меди в сточных водах. Вопросы химии и химической технологии, 2, 2011, с 88-90.
41. Rezaie, B., Zabeen, R., Goswami, A. K., & Purohit, D. N. (1993). Review of Spectrophotometric Methods for Determination of Vanadium. Reviews in Analytical Chemistry, 12(1-2), 1–220.
42. Pyrzyńska, K. (2005). Recent Developments in Spectrophotometric Methods for Determination of Vanadium. Microchimica Acta, 149(3-4), 159–164.
43. M. J. C. Taylor., J. F. van Staden, Spectrophotometric determination of vanadium(IV) and vanadium(V) in each other's presence. Review. Analyst, 119 (1994), p. 1263.
44. Szklarzewicz, Janusz, et al. "Tridentate hydrazido-hydrazones vanadium complexes: synthesis, properties and biological activity." Science, Technology and Innovation 4.1 (2019).
45. Ruggieri, R. (1961). 1,8-Dihydroxyanthraquinone as a reagent for boric acid and its use in the analysis of pharmaceutical grade glass. Analytica Chimica Acta, 25(1), 145–149.
46. Diaz, A. N. (1991). Analytical applications of 1,10-anthraquinones: A review. Talanta, 38(6), 571–588.
47. László Erdey. Gravimetric Analysis. Part II. Pergamon press. Oxford-London-Edinburgh-New-York-Paris-Frankfurt. 1965.
48. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 03.09.2017 № 1073 - Офіційний вісник України. 2017 р., № 87, стор. 72, стаття 2658.

49. <https://www.pharmencyclopedia.com.ua>
50. Gerald F. Combs. The vitamins. Fourth edition. Elsevier. 2012.