

Ion chromatographic determination of inorganic anions in cola-type beverages

Ferenc Boda^{1,2}, Ibolya Fülöp^{1,3}, Blanka Csatlós¹, Béla Kovács^{1,4}

¹George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology of Targu Mures, ²Department of General and Inorganic Chemistry, ³Department of Toxicology and Biopharmacy, ⁴Department of Biochemistry and Environmental Chemistry

Abstract • Among foods and beverages with high added phosphate content Cola-type soft drinks are significant contributors to dietary phosphate intake due to the presence of phosphoric acid, used as an acidity regulator. Despite this, current regulations do not mandate manufacturers to disclose the phosphate content of their products. This research aimed to quantify the phosphate content in commercially available cola beverages packaged in aluminium cans. The study employed an ion chromatography system with a suppressed conductivity detector (IC-SCD), utilizing a mixture of aqueous sodium carbonate and sodium bicarbonate as the eluent. This method enabled simultaneous identification and quantification of other inorganic anions such as fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate, and sulfate. The results showed that three anions (fluoride, bromide, nitrite) were absent in the samples. Chloride concentrations ranged from 4.1 to 81.9 ppm, nitrate from 2.2 to 59.3 ppm, sulfate from 20.5 to 66.8 ppm, and phosphate from 9.2 to 596 ppm. Exploratory data analysis categorized the samples into four groups based on their anion composition. The average phosphate concentration of 455 ppm was below the acceptable daily intake, suggesting that moderate consumption of cola-type beverages does not disproportionately contribute to daily phosphate intake. However, the low pH could potentially damage tooth enamel and cause gastrointestinal problems, while the high sugar content presents an independent health risk, making cola-type beverages unsuitable for a healthy diet.

Keywords • ion chromatography, IC-SCD, phosphate, cola

DOI: 10.2478/orvtudert-2023-0004

Bulletin of Medical Sciences 2023, 96(1): 37–50

Introduction

Coca-Cola, an internationally recognized beverage, was formulated in 1886 by John S. Pemberton. Initially marketed as a patented medicine, and as a ‘wonder drug’, it contained coca leaf extract (including cocaine) from the leaves of the coca bush (*Erythroxylum coca*) and a significant amount of caffeine. Later, due to health concerns, cocaine was removed from the beverage, which was then marketed as a soft drink [1,2].

While Pemberton is credited with the invention, Asa Candler propelled Coca-Cola to global fame between 1888 and 1892 by acquiring the rights to its production and launching extensive marketing campaigns, which helped the Coca-Cola brand to conquer the United States and later the whole world [1,3]. Despite its worldwide success, cola-type beverages face criticism due to potential adverse health effects [1,2].

The distinctive flavor of cola-type beverages arises from a blend of flavorings, sweeteners, and additives. Although the precise composition varies among manufacturers, certain components are characteristic of cola-type drinks. Natural and artificial flavorings, such as citrus oils, vanilla extract, cinnamon, nutmeg, and coriander, contribute to their unique taste [4]. Caramel coloring typically provides their color, while phosphoric acid and citric acid ensure the desired acidity [5]. Most cola-type beverages contain a significant amount of caffeine for its stimulant effect [6].

Corresponding author

Ibolya Fülöp

George Emil Palade University of Medicine, Pharmacy,
Science and Technology of Targu Mures, Department of
Toxicology and Biopharmacy
38 Gheorghe Marinescu Street
540142 Targu Mures, Romania
Email: ibolya.fulop@umfst.ro

Primary sweeteners include sucrose and high-fructose corn syrup. Sugar-free versions often utilize artificial sweeteners like acesulfame potassium, aspartame, sodium cyclamate, saccharin, and increasingly popular alternatives such as steviol glycosides and sucralose [7-9]. Among the ingredients of cola-type soft drinks sugars, sweeteners, and phosphoric acid/ phosphate represent the main physiological and health concerns. High consumption of sugar-sweetened beverages contributes to excessive carbohydrate intake, increasing the risk of weight gain and related chronic conditions.

Among foods and beverages known to be high in added phosphate, Cola-type soft drinks are notable for their high added phosphate content, which manufacturers use to achieve the desired acidity. However, manufacturers are not obligated to disclose the phosphate content on product labels and in most cases do not provide quantitative data. The phosphoric acid content in cola beverages poses additional health risks due to their high acidity, with pH values between 2 and 3. These drinks can significantly erode tooth enamel [10]. Phosphoric acid content can be determined through potentiometric titration, but the method lacks specificity and is influenced by the presence of other acids in the beverage [11].

A more common approach is the molybdenum blue spectrophotometric method, where phosphate ions react with ammonium molybdate to form a soluble phosphomolybdate complex. This complex, when reduced, produces a deep blue compound measurable at 880 nm using a spectrophotometer [12]. Widely applied in the food industry, this method is frequently used to determine phosphate levels in cola beverages [11,13,14]. Shafi Al-Jorani and co-workers advanced this technique by developing a method suitable for measuring microlitre size samples to determine the phosphate content in soft drinks [15].

Ion chromatography (IC) is one of the most versatile analytical methods for determining inorganic ions. In the food industry, it is used to measure nitrite and nitrate content of meats [16], thiocyanate in dairy products [17], and phosphate in soft drinks [5]. The IC method also finds applications in the pharmaceutical industry and environmental chemistry [19, 20].

This research aimed to determine and compare the phosphate content of commercially available cola-type soft drinks, while simultaneously doing qualitative and quantitative analyses of other inorganic anions. The results were analyzed statistically to identify similarities and differences in the anion content of different cola-type beverages.

Materials and methods

Materials

The experiments were conducted using a Dionex IonPac AS23 (250 × 4 mm) analytical column. The eluent was prepared by diluting a carbonate/bicarbonate stock solution (Dionex AS23 Sodium Carbonate/Bicarbonate Concentrate Eluent 100X) as specified by the manufacturer. For reference, we used the Dionex Combined Seven Anion Standard II solution, containing 20 ppm fluoride (F^-), 100 ppm chloride (Cl^-), nitrite (NO_2^-), bromide (Br^-), nitrate (NO_3^-), sulfate (SO_4^{2-}), and 200 ppm phosphate (PO_4^{3-}). All Dionex products were sourced from Thermo Fisher Scientific (Massachusetts, USA). The ultrapurified water used to prepare the solutions was obtained using a Barnstead Nanopure Diamond (Thermo Fisher Scientific, USA) water purification system. Potassium sodium tartrate tetrahydrate and disodium malate necessary for the *spike* method were purchased from Merck KGaA (Darmstadt, Germany).

Samples

The study focused on cola-type beverages purchased in aluminum cans from retail outlets. The products included six regular and five sugar-free beverages. To maintain anonymity, samples were labeled K1-K11. Sugar-free samples were identified by a “z” following the sample number.

Methods

Sample preparation

To remove carbon dioxide and other dissolved gases, approximately 20 mL of each beverage was degassed in an ultrasonic bath at 30°C for three 15-minute cycles. Insoluble particles and macromolecules were filtered out using 0.25 µm Whatman glass fiber syringe filters. Before analysis, the samples were diluted with ultrapure water at 1:2 and 1:10 ratios. The pH was measured using a Hanna Edge pH meter (Hanna Instruments, Rhode Island, USA) upon opening the aluminium cans.

IC-SCD conditions

A Dionex ICS-3000 (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA) ion chromatography system with a suppressed conductivity detector (SCD) was used for the analysis. The IC-SCD method allows optimal identification and quantification of ions with low conductivity. The analysis was performed under the following conditions: isocratic elution with an eluent composition of 0.45 mM

sodium carbonate and 0.08 mM sodium bicarbonate, a flow rate of 1.2 mL/min, and a column temperature of 25°C. Injection volume was set at 50 µL, and analysis duration was 20 minutes. The obtained values were the mean values of the measurements performed in triplicate. The system's validity was confirmed through inter-laboratory validation for cola samples.

Statistical Analysis

Data acquisition and preliminary analysis were conducted using Chromeleon 6.80 Chromatography Management System (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, USA). Further statistical evaluations and exploratory data analysis were performed using Microsoft Excel 2016 and SIMCA 18 software (Sartorius Stedim Biotech, Göttingen, Germany).

Results and discussion

pH Determination

The pH of cola-type soft drinks ranged from 2.41 to 2.92 (Table 1). The obtained results were evaluated using Grubbs' outlier test, which revealed no significant outliers among the pH values of the investigated samples. These findings align with previously reported ranges of

2.17 - 2.72 reported by Al-Jorani et al [15] and 2.40 - 2.50 measured by Bello *et al* [5].

IC-SCD Analysis

The samples were analyzed under identical conditions on a Dionex IonPac AS23 (250 × 4 mm) column, enabling the separation of inorganic anions and simple organic anions. Chromatograms of the Dionex Combined Seven Anion Standard II solution and diluted cola samples are shown in Figure 1.

We investigated the presence and amount of seven inorganic anions in our samples (Table 1.), in the order of elution: F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻. The obtained results revealed that three of the seven anions (F⁻, NO₂⁻, Br⁻) were below detection limits in all samples. Fluoride and bromide ions were present in some samples, but did not exceed the limit of quantification (LOQ) in the investigated samples, while nitrite ion was not detected in the samples tested.

Among the four characteristic ions, chloride was present in all tested samples, with concentrations ranging from 4.1 to 81.9 ppm and a mean value of 16.2 ppm. Similarly, the sulphate ion was detectable in all samples, with concentrations ranging from 20.5 to 66.8 ppm, with a mean value of 31.3 ppm. Nitrate concentrations ranged from 2.2 to 59.3 ppm, with a mean value of 10.4 ppm. It is

Table 1. pH values of the tested samples after disruption and IC-SCD analysis of ion concentrations. *Italicized values denote outliers; n.d. = not detected, LOQ = limit of quantification*

Sample	pH	F ⁻ (ppm)*	Cl ⁻ (ppm)*	NO ₂ ⁻ (ppm)*	Br ⁻ (ppm)*	NO ₃ ⁻ (ppm)*	PO ₄ ³⁻ (ppm)**	SO ₄ ²⁻ (ppm)*
K1	2,59	n.d.	8,83	n.d.	n.d.	4,15	545,22	33,02
K2z	2,92 [†]	n.d.	10,22	n.d.	< LOQ	n.d.	443,94	29,86
K3	2,86	n.d.	9,68	n.d.	n.d.	n.d.	534,91	21,32
K4z	2,41	n.d.	81,90	n.d.	< LOQ	59,34	9,23	66,77
K5	2,50	n.d.	16,13	n.d.	n.d.	5,21	528,32	32,20
K6z	2,54	n.d.	21,26	n.d.	n.d.	3,37	595,98	35,99
K7	2,54	n.d.	4,96	n.d.	n.d.	4,83	492,31	21,17
K8	2,53	n.d.	4,05	n.d.	n.d.	4,22	571,86	22,69
K9z	2,89	< LOQ	9,76	n.d.	n.d.	3,40	497,23	38,33
K10	2,60	n.d.	7,09	n.d.	n.d.	6,72	377,21	22,64
K11z	2,60	n.d.	4,22	n.d.	n.d.	2,22	414,1	20,53
Linearity range	-	0.1 - 8.0 (R ² =0.9992)	0.5 - 40 (R ² =0.997)	0.5 - 40 (R ² =0.9993)	0.5 - 40 (R ² =0.998)	0.5 - 40 (R ² =0.997)	1.0 - 80 (R ² =0.997)	0.5 - 40 (R ² =0.9990)

[†]Furthest value from the average but not statistically significant as an outlier (p > 0.05). *Values calculated from samples measured at 1:2 dilution. **Values calculated from samples measured at 1:10 dilution.

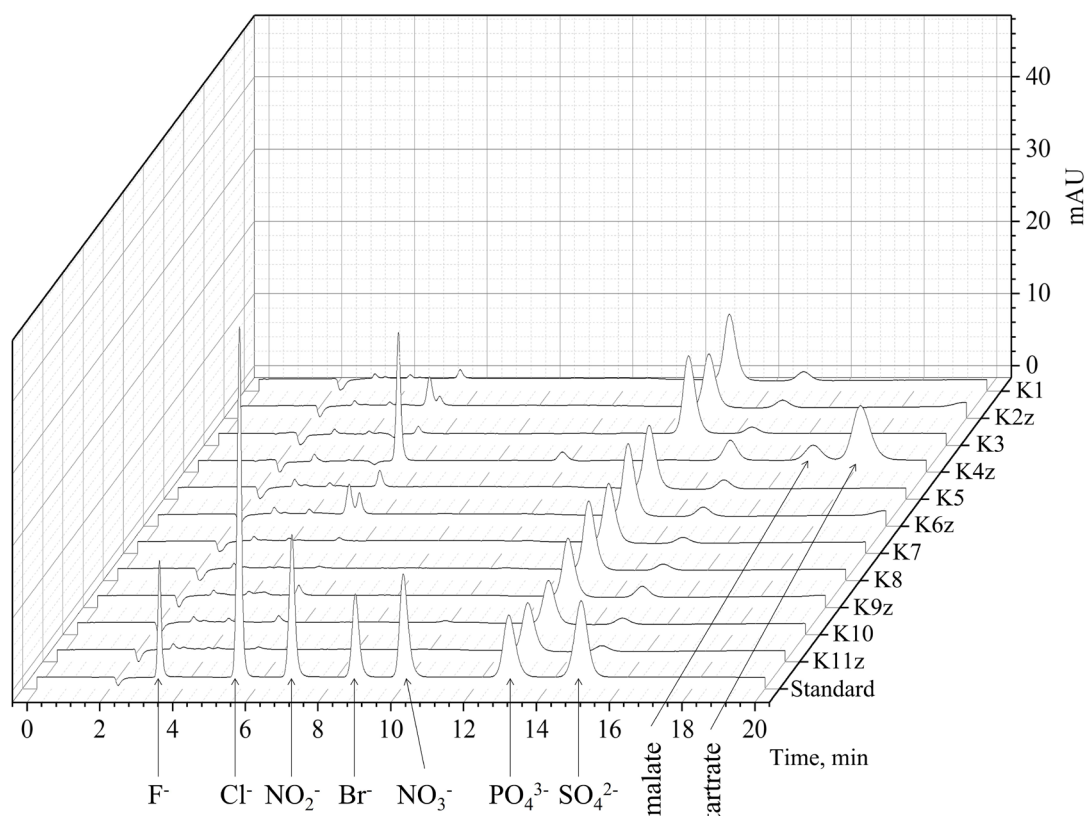


Figure 1. Chromatograms of Dionex Combined Seven Anion Standard II stock solution and cola-type soft drinks at tenfold dilution

important to note that two samples (K2z and K3) showed no detectable nitrate. Phosphate concentrations varied significantly, from 9.2 to 596 ppm, averaging 455.5 ppm, consistent with high phosphate levels reported in similar studies. The statistical analysis of the average concentration of the characteristic anions is presented in **Table 2**, and illustrated in **Figure 2**.

Among the samples analyzed, one (K4z) was labeled as phosphate-free and demonstrated the lowest measured phosphate concentration of 9.2 ppm. While this sample was not fully phosphate-free as described, the phosphate

ion concentration was indeed orders of magnitude lower than in other cola-type soft drinks. It is noteworthy that the pH of the K4z sample was the lowest recorded among all samples, presumably due to the presence of alternative acidifying agents replacing phosphoric acid.

During chromatographic analysis, in addition to peaks corresponding to the tested inorganic ions, 4–6 unidentified peaks were observed. Based on product composition data and literature, these peaks are likely attributable to low molecular weight organic acids (e.g., acetic, citric, and lactic acids) detectable using conductivity detectors.

Table 2. Statistical indicators of characteristic anions

Statistical indicator	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ³⁻ (ppm)
Average	16,2	31,3	10,4	455,5
Min	4,1	20,5	2,2	9,2
Q1	6,0	22,0	3,4	429,0
Median	9,7	29,9	4,2	497,2
Q3	13,2	34,5	5,2	540,1
Max	81,9	66,8	59,3	596,0
Interquartile range (IQR)	7,2	12,5	1,8	111,0

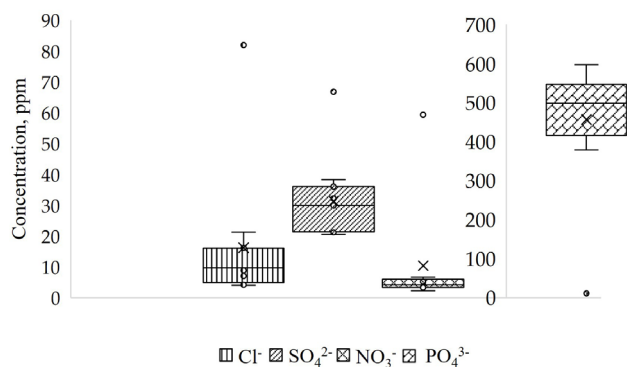


Figure 2. Characteristic anion concentrations in different cola-type soft drinks.

Specifically, in the phosphate-free K4z sample, the manufacturer lists malic acid (as malate ions) and tartaric acid (as tartrate ions) as acidifying agents. To confirm their presence, the K4z sample was analyzed using the *spiking* method. Known concentrations of disodium malate and potassium sodium tartrate were added to the K4z sample, and the resulting chromatogram showed increased peak height and area corresponding to malate and tartrate ions, verifying their presence.

The measured phosphate concentrations align well with values reported in the literature for cola-type beverages. Jesenković-Habul et al. reported phosphoric acid concentrations ranging from 274.8–691.1 ppm and 337.5–723.1 ppm using spectrophotometric methods [14]. Utange et al. identified phosphate levels of 207.2–969.1 ppm via potentiometric analysis [11], while Al-Jorani et al. observed concentrations between 250–825 ppm using a spectrophotometer with a microflow injection system [15]. Using an ion chromatographic method similar to our approach, Bello et al. measured phosphate concentrations between 440–570 ppm [5]. These values are consistent with our findings of 377–597 ppm (excluding the low-phosphate K4z sample).

A key advantage of the presented ion chromatographic method is its ability to simultaneously quantify multiple anions, whereas previous studies have primarily focused on determining phosphate or phosphoric acid concentrations alone.

Exploratory data analysis

The exploratory data analysis assessed the distribution of four characteristic anions (chloride, nitrate, phosphate, and sulphate) across the samples. As an initial step, Grubbs' test was employed to identify and exclude out-

liers, with a significance level of $p < 0.05$. The ion composition of the K4z sample revealed significant outliers for all tested anions. As shown in Table 1, K4z exhibited negligible phosphate content compared to other samples but contained notable amounts of chloride, nitrate, and sulphate. Consequently, this sample was categorized as a separate group based on its unique anion profile and excluded from subsequent exploratory data analysis.

The analysis of the remaining ten samples revealed three distinct groups based on their inorganic anion content (Figure 3).

- **Group 1:** Samples K1, K5, K6z, and K9z demonstrated higher concentrations of chloride and sulphate.
- **Group 2:** Samples K2z and K10 exhibited elevated nitrate concentrations compared to other samples.
- **Group 3:** Samples K3, K7, K8, and K11z showed intermediate levels of chloride, nitrate, and sulphate, along with slightly higher phosphate concentrations relative to the other groups.

Physiological effects of phosphate

Phosphorus, an essential mineral, is predominantly present in foods as phosphate and phosphate esters. Within the human body, phosphorus plays a vital role in the formation of bones, teeth, and DNA. As a component of phospholipids, it contributes to the structure of cell membranes and participates in cellular metabolism and energy storage via adenosine triphosphate (ATP) [21,22]. Phosphorus and phosphate homeostasis is primarily regulated by the intestines, bones, and kidneys, with normal serum phosphate levels in adults ranging from 2.5 to 4.5 mg/dL. Impaired renal function, however, can lead to significant elevations in serum phosphate levels [23].

In 2019, the European Food Safety Authority (EFSA) established an Acceptable Daily Intake (ADI) for phosphate of 40 mg/kg body weight, expressed as phosphorus, equivalent to 2.8 g of phosphorus for a 70 kg adult. This intake is sufficient to support normal physiological functions. However, the EFSA noted that average dietary phosphate exposure often exceeds this benchmark, primarily due to the high phosphate content in animal- and plant-based foods such as dairy products, meat, and seeds, combined with significant contributions from inorganic phosphate salts used as food additives and preservatives. Inorganic phosphates are highly bioavailable, leading to greater intestinal absorption and contributing to the risk of excessive phosphate intake [22,25]. Excessive phos-

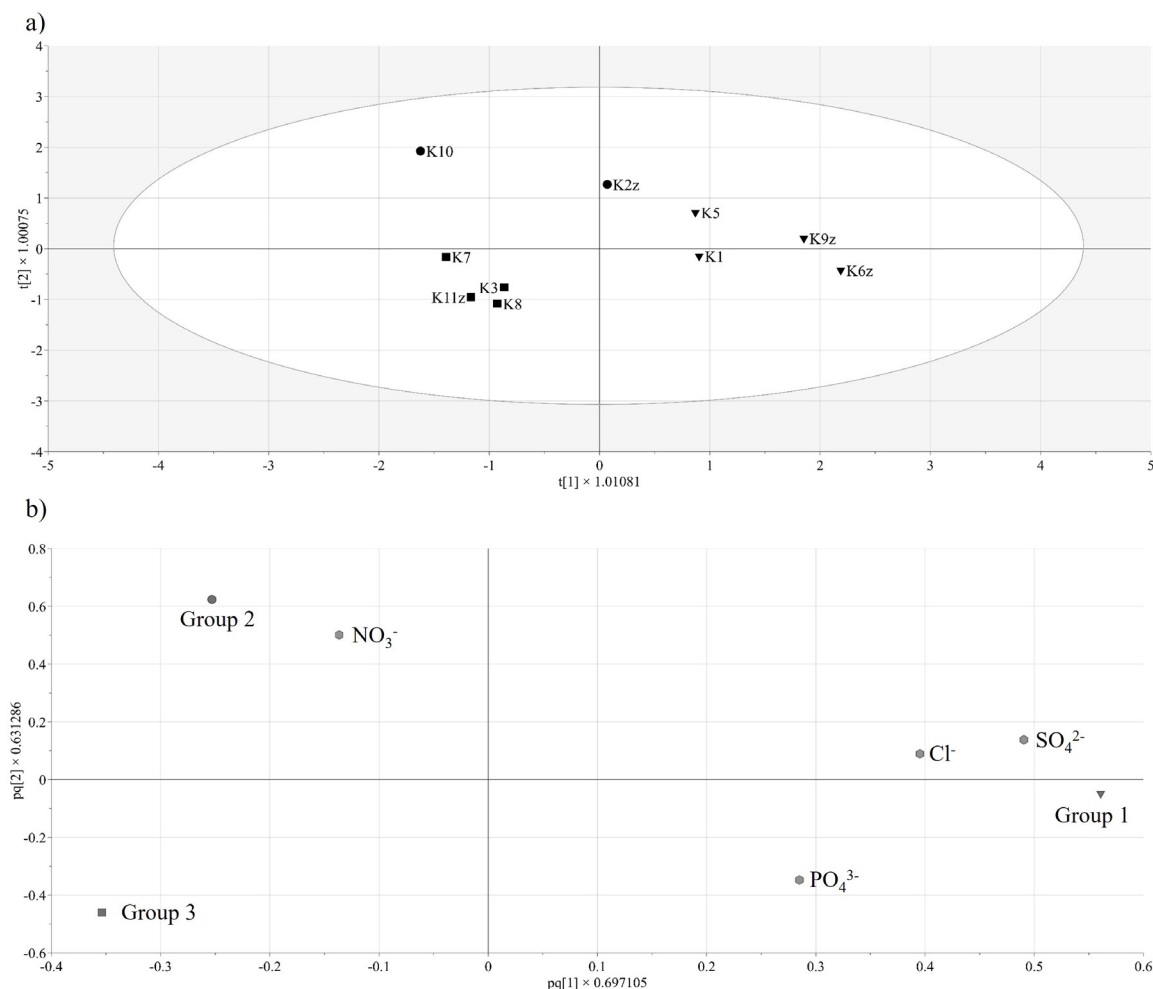


Figure 3. a) data clustering after the exclusion of the K4z test sample and b) loading plots of the data

phate intake can have adverse long-term health effects, particularly on kidney function, especially in individuals with pre-existing renal impairment [26,27]. Additionally, reduced phosphate excretion can negatively impact the cardiovascular system [28,29] and the normal functioning of the skeletal system [30].

Conclusion

Based on the average phosphate concentrations of 455 ppm and 500 ppm (excluding the low-phosphate sample) obtained in our experiment, it can be concluded that an individual with an average body weight of 70 kg would need to consume over 6 liters of soft drinks per day to exceed the acceptable daily intake (ADI) value. Therefore, moderate consumption of cola-type soft drinks does not disproportionately contribute to daily phosphate

intake. However, excessive consumption can significantly increase phosphate intake when combined with other dietary sources, both natural and additive. Furthermore, the potential risks associated with these beverages, including tooth enamel erosion and digestive disorders due to their low pH (2.41–2.92), as well as the risk of nutritional imbalances from their high sugar content, render them unsuitable for inclusion in a balanced diet.

Our IC-SCD method enables the simultaneous determination of inorganic anions in cola-type soft drinks. This analytical approach offers high accuracy, reliability, and rapid measurement times. Given its exceptional sensitivity, the method described here is adaptable for the detection of inorganic anions in other aqueous solutions, such as bottled waters, soft drinks, milk, syrups, and suspensions, even at ppm (mg/L) concentrations.

Abbreviations

- ENB - acceptable daily intake

- EFSA - European Food Safety Authority
- IC - Ion chromatography
- IC-SCD - Ion chromatography system with suppressed conductivity detector
- IQR - interquartile range

Acknowledgements

This research was supported by the Transylvanian Museum Association's Medical and Pharmaceutical Section Research Grant 2022 (Contract No. 367/2022).

References

- Pendergrast M, Crawford R. Coke and The Coca-Cola Company. In: Crawford R, Brennan L, Khamis S, editors. *Decoding Coca-Cola*, New York: Routledge; 2021, p. 11–32, ISBN: 978-1-351-02402-0.
- Pendergrast M. *For God, Country and Coca-Cola*. 3rd Ed. New York: Basic Books; 2013. ISBN: 978-0-46504-699-7.
- Haridas RP, Joseph Jacobs: Apprentice to Crawford W. Long in Athens, GA; Pharmacist and Retailer of Soda Fountain Beverages in Atlanta, GA. *J Anesth Hist* 2018;4(1):7–8.
- Lorjaroenphon Y, Cadwallader KR. Identification of Character-Impact Odorants in a Cola-Flavored Carbonated Beverage by Quantitative Analysis and Omission Studies of Aroma Reconstitution Models. *J Agric Food Chem* 2015;63(3):776–86.
- Bello MA, Gonzalez AG. Determination of Phosphate in Cola Beverages Using Nonsuppressed Ion Chromatography: An Experiment Introducing Ion Chromatography for Quantitative Analysis. *J Chem Educ* 1996;73(12):1174.
- McCusker RR, Goldberger BA, Cone EJ. Caffeine Content of Energy Drinks, Carbonated Sodas, and Other Beverages. *J Anal Toxicol* 2006;30(2):112–4.
- Chorazy E. Coke and health. In: Crawford R, Brennan L, Khamis S, editors. *Decoding Coca-Cola*, New York: Routledge; 2021, p. 207–26, ISBN: 978-1-351-02402-0.
- Davis EW, McCann SE, Joseph JM, Yearly KHK, Fountzilias C, Moysich KB. Sugar Sweetened and Artificially Sweetened Beverage Consumption and Pancreatic Cancer: A Retrospective Study. *Nutrients* 2023;15(2):275.
- Ventura EE, Davis JN, Goran MI. Sugar Content of Popular Sweetened Beverages Based on Objective Laboratory Analysis: Focus on Fructose Content. *Obesity* 2011;19(4):868–74.
- AlAbdullah AA, AlAbdullah MA, Alkuhl MH, Alnashmi F hejji, Farooq I, Siddiqui IA, et al. Effect of Exposure Time of an Acidic Beverage on the Microhardness, Mineral Weight, and Rate of Calcium and Phosphate Ion Release of Human Enamel. *Journal of International Oral Health* 2019;11(6):363–8.
- Utange PI, Wuana RA, Akpoghol T V. Potentiometric and spectrophotometric determination of phosphoric acid in some beverages. *Pelagia Res Libr Chem Sin* 2015;6(3):93–9.
- Cho Y-H, Nielsen SS. Phosphorus Determination by Murphy-Riley Method. In: Nielsen SS, editor. *Food Analysis Laboratory Manual*, Cham: Springer International Publishing; 2017, p. 153–6, ISBN: 978-3-319-44127-6.
- Murphy J. Determination of phosphoric acid in cola beverages: a colorimetric and pH titration experiment for general chemistry. *J Chem Educ* 1983;60(5):420.
- Jesenković-Habul L, Čustović A, Dizdarević S. Development and In-House Validation of HACH Spectrophotometry Method for Determination of Phosphoric Acid in Cola Beverages. 30th Scientific-Experts Conference of Agriculture and Food Industry: Answers for Forthcoming Challenges in Modern Agriculture, Springer; 2020, p. 237–43, ISBN: 3030400484.
- Shafi Al-Jorani Y, Hussien Al-Sowdani K. Designing and constructing a micro flow injection system (μ FIA) for phosphate determination in soft drinks. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 2020;871(1):012032.
- Coviello D, Pascale R, Ciriello R, Salvi AM, Guerrieri A, Contursi M, et al. Validation of an analytical method for nitrite and nitrate determination in meat foods for infants by ion chromatography with conductivity detection. *Foods* 2020;9(9):1238.
- Jiang B, Zhong S, Yu H, Chen P, Li B, Li D, et al. Aqueous two-phase system–ion chromatography for determination of thiocyanate in raw milk. *Separations* 2021;8(11):212.
- Michalski R. Application of ion chromatography in clinical studies and pharmaceutical industry. *Mini Rev Med Chem* 2014;14(10):862–72.
- Shaw MJ, Haddad PR. The determination of trace metal pollutants in environmental matrices using ion chromatography. *Environ Int* 2004;30(3):403–31.
- Michalski R. Ion Chromatography as a Reference Method for Determination of Inorganic Ions in Water and Wastewater. *Crit Rev Anal Chem* 2006;36(2):107–27.
- Osuka S, Razzaque MS. Can features of phosphate toxicity appear in normophosphatemia? *J Bone Miner Metab* 2012;30(1):10–8.
- Erem S, Razzaque MS. Dietary phosphate toxicity: an emerging global health concern. *Histochem Cell Biol* 2018;150(6):711–9.
- Razzaque MS. Osteo-renal regulation of systemic phosphate metabolism. *IUBMB Life* 2011;63(4):240–7.
- Younes M, Aquilina G, Castle L, Engel K, Fowler P, Frutos Fernandez MJ, et al. Re-evaluation of phosphoric acid–phosphates–di-, tri- and polyphosphates (E 338–341, E 343, E 450–452) as food additives and the safety of proposed extension of use. *EFSA Journal* 2019;17(6):e05674.
- Calvo MS, Sherman RA, Uribarri J. Dietary Phosphate and the Forgotten Kidney Patient: A Critical Need for FDA Regulatory Action. *American Journal of Kidney Diseases* 2019;73(4):542–51.
- Murphy-Gutekunst L. Hidden phosphorus in popular beverages: Part 1. *Journal of Renal Nutrition* 2005;15(2):e1–6.
- Doshi SM, Wish JB. Past, Present, and Future of Phosphate Management. *Kidney Int Rep* 2022;7(4):688–98.
- Zhou C, Shi Z, Ouyang N, Ruan X. Hyperphosphatemia and Cardiovascular Disease. *Front Cell Dev Biol* 2021;9:644363.
- Cancela AL, Santos RD, Titan SM, Goldenstein PT, Rochitte CE, Lemos PA, et al. Phosphorus Is Associated with Coronary Artery Disease in Patients with Preserved Renal Function. *PLoS One* 2012;7(5):e36883.
- Peacock M. Phosphate Metabolism in Health and Disease. *Calcif Tissue Int* 2021;108(1):3–15.

Szervetlen anionok meghatározása kóla típusú üdítőitalokból ionkromatográfiás módszerrel

Boda Ferenc^{1,2}, Fülöp Ibolya^{1,3}, Csatlós Blanka¹, Kovács Béla^{1,4}

¹Marosvásárhelyi George Emil Palade Orvosi, Gyógyszerészeti, Tudomány és Technológiai Egyetem, ²Általános és Szervetlen Kémia Tanszék, ³Toxikológia és Biofarmácia Tanszék, ⁴Biokémia és Környezeti Kémia Tanszék

Összefoglaló • A magas hozzáadott foszfáttartalommal rendelkező élelmiszerek és italok közül kiemelkedő helyet foglalnak el a kóla típusú üdítőitalok, amelyekben a foszforsav mint savasságot biztosító adalékanyag van jelen. Mindazonáltal a jelenlegi jogszabályok értelmében, a gyártók nem kötelesek feltüntetni a termékek foszfáttartalmát. Kutatásunk tárgya kereskedelmi egységekből vásárolt, alumínium dobozos kiszerelésben forgalmazott kóla típusú üdítőitalok foszfáttartalmának meghatározása volt. Méréseinket szupprimált vezetőképesség detektorral ellátott ionkromatográfiás rendszeren (IC-SCD) végeztük, nátrium-karbonát és nátrium-hidrogén-karbonát vizes oldatának keverékét használva eluensként. Az alkalmazott módszer lehetővé tette a foszfát ionok mellett más szervetlen anionok (fluorid, klorid, nitrit, bromid, nitrát, szulfát) azonosítását és mennyiségi meghatározását is. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált anionok közül három (fluorid, bromid, nitrit) nem található meg próbáinkban. A karakterisztikus anionok közül a klorid 4,1–81,9 ppm, a nitrát 2,2–59,3 ppm, a szulfát 20,5–66,8 ppm, valamint a foszfát 9,2–596 ppm koncentrációintervallumban helyezkednek el. Az eredmények exploratív adatelemzése alapján a próbák négy csoportba sorolhatóak: alacsony foszfáttartalmú üdítőitalok, jelentősen eltérő anionösszetétellel (1 termék), magasabb klorid és szulfát tartalmú próbák (4 termék), magasabb nitrát tartalommal rendelkező próbák (2 termék), valamint enyhén magasabb foszfát tartalommal rendelkező próbák (4 termék). Az általunk meghatározott 455 ppm átlag foszfátkoncentráció jóval az elfogadható napi bevitel értéke alatt található, így a mérsékelt kóla típusú üdítőitalok fogyasztása nem járul aránytalanul hozzá a napi foszfátbevitelhez. Ugyanakkor, az alacsony pH érték okozta potenciális fogzománc károsodás és emésztőszervi bántalmak, valamint a magas cukortartalom ellenjavalltá teszi őket a normál diéta részeként.

Kulcsszavak • ionkromatográfia, IC-SCD, foszfát, kóla

DOI: 10.2478/orvtudert-2023-0004

Orvostudományi Értesítő 2023, 96(1): 37–50

Bevezető

A Coca-Cola egy világszerte ismert üdítőital, melynek receptjét John S. Pemberton (1831–1888) dolgozta ki 1886-ban. Eredeti formájában szabadalmazott orvosságként, valójában „csodaszerként” forgalmazták, összetételében megtalálható volt a kokacserje (*Erythroxylum coca*) leveleinek kokain tartalmú kivonata, valamint jelentős mennyiségű koffein is. Később, nyilvánvaló egészségügyi okokból, a kokaint eltávolították az akkor már üdítőitalként is forgalmazott termékből [1,2]. Noha Pembertont tartják a Coca-Cola feltalálójának, a terméket és márkát Asa Candler (1851–1929) tette világhírűvé. Candler 1888 és 1892 között fokozatosan felvásárolta a Coca-Cola gyártásának jogait, ezzel egyidőben egyre elterjedtebb

marketing kampányt folytatott, elérve azt, hogy a Coca-Cola, mint márka meghódítsa az Amerikai Egyesült Államokat, később pedig világszerte ismertté váljon [1,3]. Világsikerüktől függetlenül, a kóla típusú üdítőitaloknak számos kritikusa is akad, elsősorban a lehetséges egészségkárosító hatásuk miatt [1,2].

Édesítőszerként elsősorban szacharózt és magas fruktóztartalmú kukoricaszirupot használnak. A cukormentes változatok összetételében leggyakoribb használt édesítőszer a közepesen tartozik az aceszulfám-kálium, aszpartám, nátrium-ciklamát, szacharin, valamint az egyre nagyobb népszerűségnek örvendő szteviozidok és szukralóz [7–9].

A kóla típusú üdítőitalok összetételében szereplő számos vegyület közül elsősorban a cukrok és édesítőszer, valamint a foszforsav/foszfát releváns élettani és egészség-

ügyi szempontból. A cukorral édesített üdítőitalok nagymértékű fogyasztása hozzájárul az ajánlott napi szénhidrát bevitel meghaladásához, ami jelentősen fokozza a testsúlynövekedés, valamint a kapcsolódó krónikus betegségek kockázatát.

A közismerten magas hozzáadott foszfáttartalommal rendelkező élelmiszerek és italok közül kiemelkedő helyet foglalnak el a kóla típusú üdítőitalok, amelyekben foszforsavat használnak a termék savasságának beállítására. Ettől függetlenül azonban, a gyártók nem kötelesek feltüntetni a termék foszfáttartalmát és legtöbb esetben nem adnak meg mennyiségi adatot erre vonatkozóan. Ugyanakkor a kóla típusú üdítőitalok foszforsav tartalma más egészségügyi kockázatot is hordoz magával, a rendkívül magas savasság miatt. Irodalmi adatok alapján, a kóla típusú üdítőitalok pH értéke 2 és 3 között mozog, ami nagymértékben károsíthatja a fogzománc szerkezeti épségét [10].

A foszforsavtartalom meghatározható potenciometriás titrálással, azonban a módszer nem specifikus, a kapott eredményeket befolyásolhatja az üdítőitalokban található más savak jelenléte is [11]. A foszfáttartalom mérésére hagyományosan a molibdén-kék spektroszkópiás módszert alkalmazzák. A módszer elve, hogy a foszfát ionok vízőldékony foszfomolibdátot képeznek ammónium-molibdát reagenssel. A komplex redukciója során képződő mélykék vegyület abszorpciós maximuma 880 nm-en mérhető spektrofotométer segítségével [12]. A molibdén-kék módszert elterjedten használják az élelmiszeriparban, köztük a kóla típusú üdítőitalok foszfáttartalmának meghatározására is [11,13,14]. Shafi Al-Jorani és munkatársai [15] a molibdén-kék módszert tovább fejlesztve, egy mikroliter nagyságrendű minták mérésére is alkalmas módszert dolgoztak ki üdítőitalok foszfáttartalmának meghatározására.

Napjaink egyik leggyakrabban alkalmazott műszeres analitikai módszere szervetlen ionok meghatározására az ionkromatográfia (IC). Az IC-t sikeresen alkalmazzák élelmiszeriparban például húsok nitrit és nitrát tartalmának [16], tejtermékek tiocianát tartalmának [17], vagy üdítőitalok foszfát tartalmának meghatározásra [5]. Ugyanakkor az IC módszerek jelentős alkalmazást nyertek a gyógyszeripar [18] és környezetkémia [19,20] területén is.

Kutatásunk elsődleges célja a kereskedelmi egységekben megvásárolható kóla típusú üdítőitalok foszfát tartalmának meghatározása és összehasonlítása volt. Ezzel egyidőben, más szervetlen anionok minőségi és mennyi-

ségi meghatározását is elvégeztük. A kapott adatokat statisztikai elemzésnek vetettük alá, megállapítva a különböző kóla italok aniontartalma közötti hasonlóságot, illetve különbségeket.

Anyag és módszer

Anyagok

A méréseket egy Dionex IonPac AS23 (250 × 4 mm) analitikai oszlopon végeztük. Eluensként az állófázis gyártója által előírt módon hígított karbonát/bikarbonát törzsoldat (Dionex AS23 Sodium Carbonate/Bicarbonate Concentrate Eluent 100X) szolgált. Referenciaként a megfelelő koncentrációra hígított Dionex Combined Seven Anion Standard II oldatot használtunk, a törzsoldat összetételében 20 ppm fluorid (F^-), 100 ppm klorid (Cl^-), nitrit (NO_2^-), bromid (Br^-), nitrát (NO_3^-) és szulfát (SO_4^{2-}), valamint 200 ppm foszfát (PO_4^{3-}) található. A Dionex termékeket a Thermo Fisher Scientific (Massachusetts, Amerikai Egyesült Államok) gyártótól szereztük be. Az oldatok elkészítéséhez használt ultra-tisztított vizet Barnstead Nanopure Diamond (Thermo Fisher Scientific, Amerikai Egyesült Államok) víztisztító rendszerrel állítottuk elő. A *spike* módszerhez használt kálium-nátrium-tartarát-tetrahidrátot és dinátrium-malátot a Merck KGaA (Darmstadt, Németország) gyártótól szereztük be.

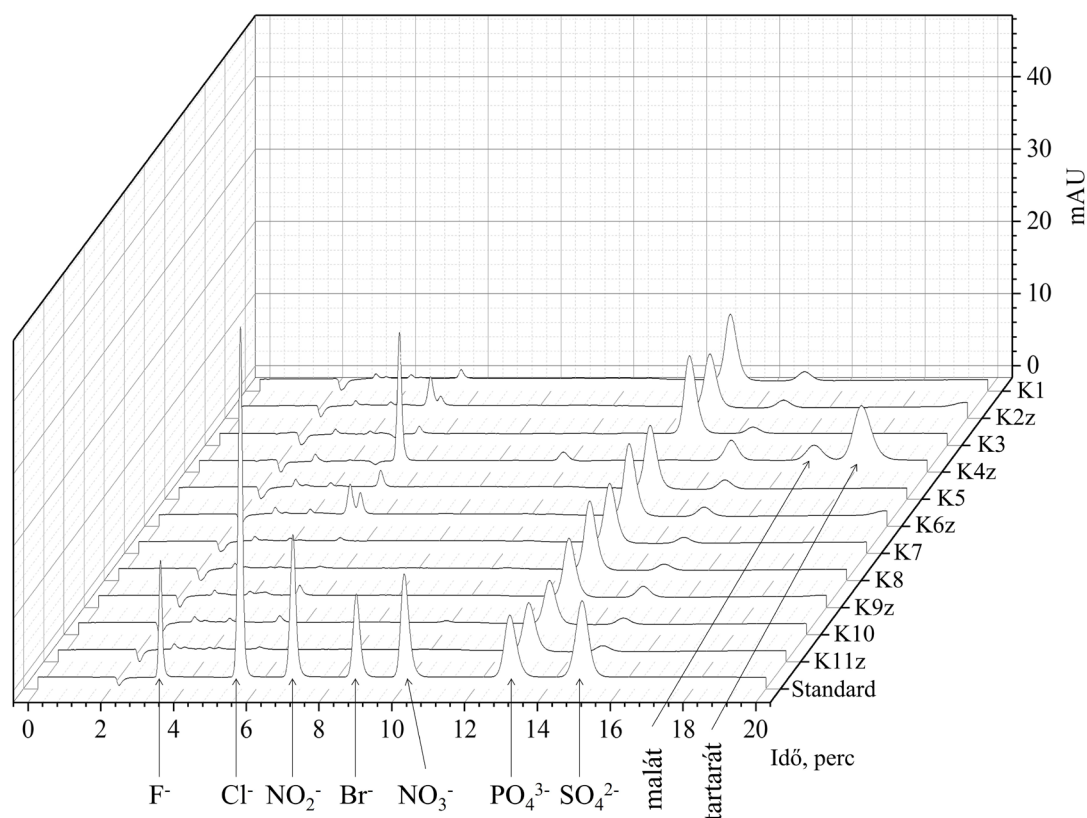
Minták

A vizsgálat tárgyát kereskedelmi egységekből vásárolt, alumínium dobozos kiszerelésben forgalmazott, kóla típusú üdítőitalok képezték. Az így beszerzett termékek között hat normál cukortartalmú, valamint öt cukormentesnek nyilvánított üdítőital szerepelt. A kereskedelmi nevek használatának elkerülése végett, a kísérlet során a mintákat K1–K11 jelöléssel láttuk el, valamint a mintaszám után feltüntetett z betűvel jelöltük a cukormentes üdítőitalokat.

Módszerek

Mintaelőkészítés

A szén-dioxid és más oldott gázok eltávolítása érdekében minden termékből megközelítőleg 20 mL-t ultrahangfürdőben történő gáztalanításnak vetettünk alá, háromszor 15 percre, 30°C-on. Ezt követően 0,25 µm-es Whatman üvegszálas (GF) fecskendőszűrő segítségével eltávolítottuk a mintákból az oldhatatlan részecskéket



1. ábra. A Dionex Combined Seven Anion Standard II törzsoldat és a kóla típusú üdítőitalok tízszeres hígításban felvett kromatogramjai

és makromolekulákat. A műszeres analízisnek alávetett mintákat injektálás előtt 1:2 és 1:10 arányban hígítottuk ultratisztított vízzel. Az alumínium dobozok megbonthatásakor meghatároztuk az üdítőitalok pH-ját Hanna Edge pH-mérő segítségével (Hanna Instruments, Rhode Island, Amerikai Egyesült Államok).

IC-SCD körülmények

A vizsgálathoz egy Dionex ICS-3000 (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, Amerikai Egyesült Államok) ionkromatográfiás rendszert használtunk, szupprimált vezetőképesség detektorral (*Suppressed Conductivity Detection*, SCD). Az IC-SCD módszer lehetővé teszi az alacsony vezetőképességgel rendelkező ionok optimális azonosítását és mennyiségi meghatározását. Az alkalmazott vizsgálati körülmények: analízis idő: 20 perc, eluens összetétele: 0,45 mM nátrium-karbonát (Na_2CO_3), 0,08 mM nátrium-hidrogén-karbonát (NaHCO_3), izokrátikus elúció, eluens áramlási sebessége: 1,2 mL/perc, oszlop típusa: Dionex IonPac AS23 (250 × 4 mm), oszlop hőmérséklet: 25°C, injektált minta térfogata: 50 µL. A bemutatott értékek a háromszoros ismétléssel végzett

mérések átlagértékeit jelölik. A kísérlet elvégzése során a gyártó által javasolt módszert alkalmaztuk, laborközi validálással bizonyítva a módszer alkalmazhatóságát a kóla minták esetén.

Statisztikai adatfeldolgozás

Az ionkromatográfiás rendszer irányítása, az adatok begyűjtése, valamint elsődleges feldolgozása a Chromeleon 6.80 Chromatography Management System (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, Amerikai Egyesült Államok) alkalmazás segítségével valósult meg. Az adatok statisztikai feldolgozását Microsoft Excel 2016, az exploratív adatelemzést SIMCA 18 (Sartorius Stedim Biotech, Göttingen, Németország) programokkal végeztük el.

Eredmények és megbeszélés

pH meghatározás

A kóla típusú üdítőitalok pH értéke a 2,41–2,92 intervallumban helyezkedett el (1. táblázat). A kapott eredményeket Grubbs' outlier teszt segítségével értékeltük ki,

1. táblázat. A próbák megbontás után mért pH értékei és az IC-SCD analízis során meghatározott ionkoncentrációk. A dőlt szedéssel kiemelt eredmények kiugró értéket jelölnek ($p < 0,05$). *n.d.* – nem észlelhető, *LOQ* – meghatározási határ

Próba	pH	F ⁻ (ppm)*	Cl ⁻ (ppm)*	NO ₂ ⁻ (ppm)*	Br ⁻ (ppm)*	NO ₃ ⁻ (ppm)*	PO ₄ ³⁻ (ppm)**	SO ₄ ²⁻ (ppm)*
K1	2,59	n.d.	8,83	n.d.	n.d.	4,15	545,22	33,02
K2z	2,92 [†]	n.d.	10,22	n.d.	< LOQ	n.d.	443,94	29,86
K3	2,86	n.d.	9,68	n.d.	n.d.	n.d.	534,91	21,32
K4z	2,41	n.d.	81,90	n.d.	< LOQ	59,34	9,23	66,77
K5	2,50	n.d.	16,13	n.d.	n.d.	5,21	528,32	32,20
K6z	2,54	n.d.	21,26	n.d.	n.d.	3,37	595,98	35,99
K7	2,54	n.d.	4,96	n.d.	n.d.	4,83	492,31	21,17
K8	2,53	n.d.	4,05	n.d.	n.d.	4,22	571,86	22,69
K9z	2,89	< LOQ	9,76	n.d.	n.d.	3,40	497,23	38,33
K10	2,60	n.d.	7,09	n.d.	n.d.	6,72	377,21	22,64
K11z	2,60	n.d.	4,22	n.d.	n.d.	2,22	414,1	20,53
Linearitási tartomány	-	0,1–8,0 (R ² =0,9992)	0,5–40 (R ² =0,997)	0,5–40 (R ² =0,9993)	0,5–40 (R ² =0,998)	0,5–40 (R ² =0,997)	1,0–80 (R ² =0,997)	0,5–40 (R ² =0,9990)

Legtávolabbi érték az átlagtól, de nem szignifikánsan kiugró érték ($p > 0,05$). * 1:2 hígításban mért mintákból számított értékek. ** 1:10 hígításban mért mintákból számított értékek.

melynek értelmében megállapítható, hogy nincs szignifikánsan kieső érték a minták pH értékei között. A kapott eredményeink jó megfelelést mutatnak az Al-Jorani és munkatársai által közölt 2,17–2,72 közötti pH értékekkel [15], valamint a Bello *et al* által mért 2,40–2,50 közötti értékekkel [5].

IC-SCD meghatározás

A próbákat azonos körülmények között futtattuk a Dionex IonPac AS23 (250 × 4 mm) oszlopon, ami lehetővé tette a szervetlen anionok és egyszerű szerves anionok szétválasztását. A referenciaként használt Dionex Combined Seven Anion Standard II törzsoldat, valamint a próbák kromatogramjai az 1. ábrán láthatóak.

Vizsgálatunk során hét szervetlen anion jelenlétét és mennyiségét vizsgáltuk a próbáinkban (1. táblázat), az elúció sorrendjében: F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a hét anion közül három (F⁻, NO₂⁻, Br⁻) nem karakterisztikus a vizsgált üdítőitalokra. Ezek közül a fluorid- és bromidionok jelen voltak egyes mintákban, azonban egyetlen próbában sem érték el a meghatározási határt (LOQ), míg a nitrition nem volt kimutatható a vizsgált mintákban. A négy karakterisztikus ion közül a klorid minden vizsgált mintában jelen volt, 4,1–81,9 ppm közötti értékkel, valamint 16,2 ppm átlagértékkel. Hasonlóan, a szulfation is minden mintában detektálható volt, koncentrációja 20,5–66,8 ppm intervallumban helyezkedett el, 31,3 átlagértékkel. A nitrácion mért értéke 2,2–59,3 ppm között

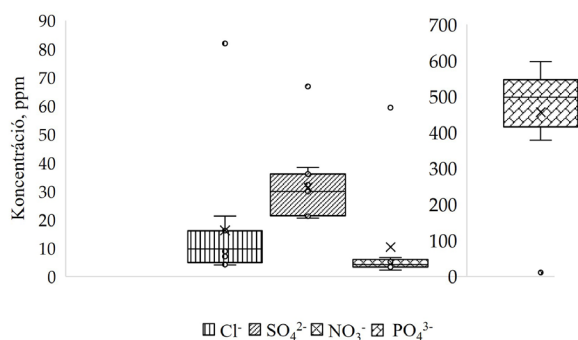
helyezkedik el, a kapott koncentrációk átlagértéke 10,4 ppm. Fontos megjegyeznünk, hogy két mintában (K2z, K3) a nitrácionok nem voltak kimutathatók. Végül, a foszfácion jelenlétét is igazoltuk minden vizsgált mintában, 9,2–596 ppm közötti értékekkel, valamint 455,5 ppm átlagkoncentrációval, ami megfelel az irodalmi adatok alapján elvárt magas koncentrációnak. A karakterisztikus anionok átlagkoncentrációjának statisztikai elemzését a 2. táblázat tartalmazza, valamint 2. ábra szemlélteti.

Foszfát tartalmát tekintve, a vizsgált mintáink egyike (K4z) a címkén feltüntetett összetétel alapján nem tartalmaz foszfácionokat, ami az általunk mért legkisebb, 9,2 ppm foszfát tartalommal hozható összefüggésbe. Bár a minta nem felel meg teljességében a leírásában szereplő foszfát-mentes összetételnek, a

2. táblázat. A karakterisztikus anionok statisztikai indikátorai

Statisztikai indikátor	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ³⁻ (ppm)
Átlag	16,2	31,3	10,4	455,5
Min	4,1	20,5	2,2	9,2
Q1	6,0	22,0	3,4	429,0
Medián	9,7	29,9	4,2	497,2
Q3	13,2	34,5	5,2	540,1
Max	81,9	66,8	59,3	596,0
IQR	7,2	12,5	1,8	111,0

IQR: Interkvartilis tartomány



2. ábra. Karakterisztikus anionok koncentrációja különböző kóla típusú üdítőitalokban

benne található foszfátnak koncentrációja valóban nagyságrendekkel kisebb, mint más kóla típusú üdítőitalok esetén. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a termék pH-ja az általunk mért legalacsonyabb érték, vélhetően a foszforsavat helyettesítő más savak hatása miatt.

Méréseink során, a vizsgált szerves ionoknak megfelelő csúcsok mellett, 4-6 ismeretlen csúcs is megjelent a kromatogramokon. A termékek összetételének leírása, valamint irodalmi adatok alapján, ezek a csúcsok valószínűleg kis molekulatömegű szerves savaknak felelnek meg (ecetsav, citromsav, tejsav stb.), melyek vezetőképesség detektorral érzékelhetők. Külön figyelmet érdemel a korábban említett foszfát-mentes K4z termék, melynek összetételében a gyártó almasavat (malátiionok) és borkósavat (tartaratiionok) tüntet fel, mint savanyító adalékanyagokat. Ennek bizonyítására a K4z próbánkat újabb meghatározásoknak vetettük alá, *spike* módszert alkalmazva, melynek során a K4z mintához ismert koncentrációjú nátrium-malát oldatot, illetve kálium-nátrium-tartarát oldatot adtunk. Összehasonlítva az így kapott oldat kromatogramját a K4z kromatogramjával észrevehető a malát, valamint tartaratiionoknak megfelelő csúcsok magasságának és görbe alatti területének növekedése.

Az általunk mért foszfáttartalom jó megfelelést mutat az irodalomban közölt eredményekkel kóla típusú üdítőitalok esetén. Így, Jesenković-Habul és munkatársai az alkalmazott spektrofotometriás módszertől függően 274,8–691,1 ppm, illetve 337,5–723,1 ppm közötti foszforsav koncentrációt mértek [14], Utange *et al.* potenciometriás módszerrel 207,2–969,1 ppm foszforsav tartalmat azonosítottak [11], míg Al-Jorani és munkatársai 250–825 ppm közötti foszfáttartalmat mértek mikroáramlásos

injektálási rendszerrel ellátott spektrofotométer segítségével [15]. Az általunk kidolgozott módszerhez hasonló ionkromatográfiás módszert alkalmazva, Bello *et al.* 440 és 570 ppm közötti foszfátkoncentrációt mértek [5], ami jó átfedésben van az általunk kapott 377–597 ppm közötti értékekkel (az alacsony foszfáttartalommal rendelkező minta kizárása után kapott intervallum). A bemutatott módszer egyik jelentős előnye, hogy egyidőben lehetővé teszi több anion mérését, míg az irodalomban elérhető kutatások kizárólag a foszfát, illetve foszforsav koncentrációjának meghatározását célozták meg.

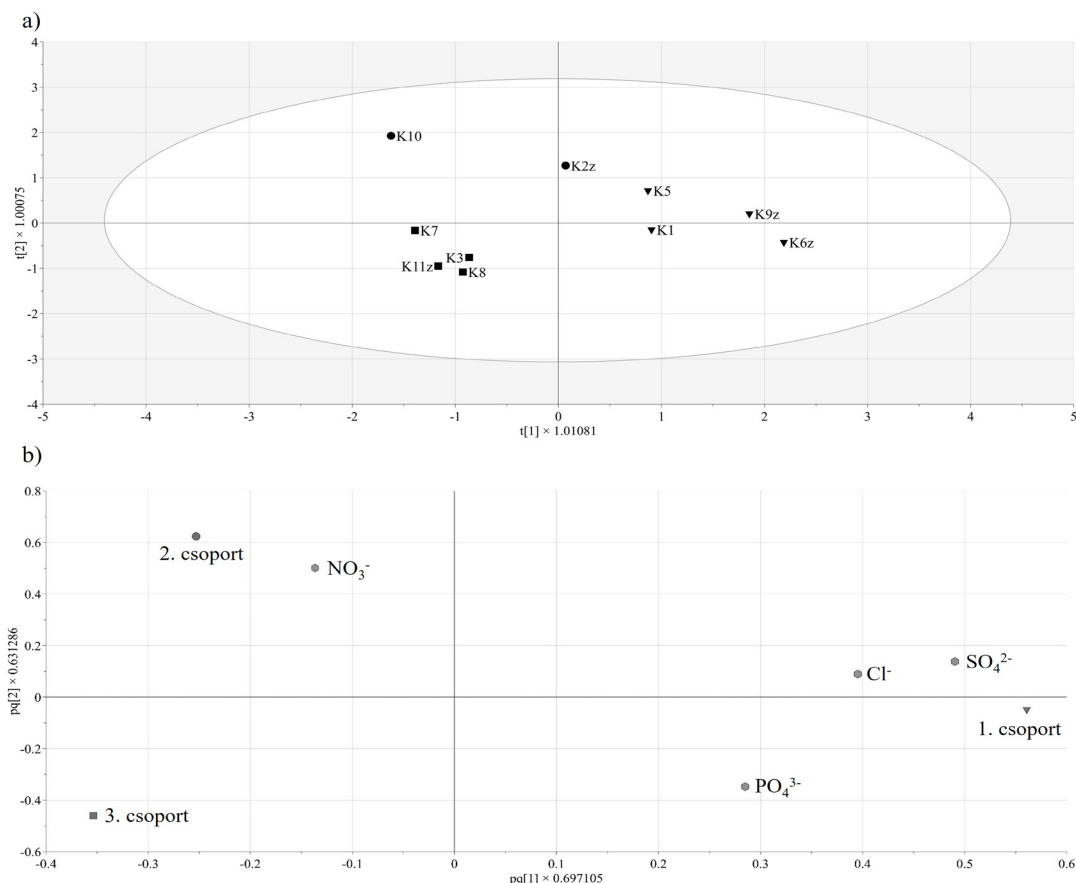
Exploratív adatelemzés

Az exploratív adatelemzésünk a négy karakterisztikus anion (klorid, nitrát, foszfát, szulfát) megoszlását térképezte fel a vizsgált mintákban. Az elemzés első lépéseként Grubbs'sz tesztet alkalmaztunk a kiugró értékek azonosítására és kizárására. Ennek értelmében, a K4z termék ionösszetétele szignifikánsan kiugró értéket mutatott ($p < 0,05$) minden karakterisztikus ion esetén. Amint az 1. táblázatban is látható, az említett minta elhanyagolható foszfáttartalommal rendelkezik más mintákhoz képest, ugyanakkor jelentősebb mennyiségű klorid, nitrát és szulfát tartalmat azonosítottunk. Így, a K4z próba anion tartalma alapján külön csoportot képez, az exploratív adatelemzés további lépéseiből kizártuk.

A tíz megmaradt minta elemzése során megállapítottuk, hogy szerves aniontartalmuk alapján a vizsgált mintáink három csoportba sorolhatóak (3. ábra). Az első csoportba tartozó K1, K5, K6z és K9z minták magasabb klorid és szulfát tartalommal rendelkeznek. A második csoport tagjainál, K2z és K10 minták esetén, magasabb nitrát koncentrációt mértünk más mintákhoz képest. Végül, a harmadik csoportba sorolt K3, K7, K8, illetve K11z minták esetén az elemzés átmeneti értékeket mutatott klorid, nitrát és szulfát esetén, továbbá enyhén magasabb foszfát tartalmat az előző két csoport tagjaihoz képest.

A foszfát élettani hatásai

A foszfor egy fontos ásványi anyag, elsősorban foszfát és foszfátsóklerok formájában található meg az élelmiszerekben. Az emberi szervezetben a foszfor a csontok, fogak és DNS összetételében szerepel. Ugyanakkor foszfolipidek formájában a foszfor része a sejtmembrán szerkezetének, valamint a sejtanyagcsere és energiaraktározás során zajló folyamatokban is részt vesz, adenozin-trifoszfát formájában [21,22]. A foszfor és foszfát homeosztázisát



3. ábra. a) Adatcsoportosítás (data clustering) a K4z próba kizárása után és b) az adatok faktorsúly ábrája (loading plots)

elsősorban a bélrendszer, csontok és vesék szabályozzák, felnőtteknél a vér normál foszfátkoncentrációja 2,5–4,5 mg/dl között mozog. Csökkent veseműködés esetén a foszfátionok szérumszintje jelentősen megemelkedhet [23].

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) 2019-ben kiadott tudományos közleményében a foszfát elfogadható napi bevitelét (ENB) 40 mg/testsúlykilogrammban határozta meg, foszforban kifejezve, ami 2,8 g foszfornak felel meg egy 70 kg testsúllyal rendelkező felnőtt esetén. Ez a mennyiség szükséges az emberi szervezet normál működéséhez, ugyanakkor a közlemény felhívja a figyelmet, hogy az átlagpopuláció az ENB-nél nagyobb foszfát bevitelnek van kitéve [24]. Ennek elsődleges oka az állati és növényi eredetű élelmiszerek, elsősorban a tejtermékek, húsok és magvak, magas foszfátartalma, amihez hozzáadódik a tartósítószerként és adalékanyagként használt foszfátsók jelentős mennyisége. Mivel ez utóbbi foszfátforrás többségében szervetlen eredetű, a bélből

való felszívódása igen nagymértékű, jelentősen hozzájárulva a magas foszfátbevitel kockázatához [22,25]. Nagymennyiségű foszfát bevitel a szervezetbe hosszútávon káros hatással lehet a vesék működésére, főleg már meglévő vesekárosodás esetén [26,27]. A csökkent foszfátkiürülés ugyanakkor káros hatással lehet a kardiovaszkuláris rendszer [28,29], illetve a csontrendszer normál működésére is [30].

Következtetés

A kísérletünk során kapott 455 ppm, illetve 500 ppm (az alacsony foszfáttartalmú minta kizárása után) átlag foszfátkoncentrációt figyelembe véve elmondható, hogy ENB érték túllépéséhez egy 70 kg átlagtestsúlyú egyén esetén napi több mint 6 liter üdítőital elfogyasztására lenne szükség. Ennek értelmében, a mérsékelt kóla típusú üdítőitalok fogyasztása nem járul aránytalanul hozzá a napi foszfátbevitelhez, noha túlzott fogyasztás esetén jelen-

tősen növelheti a napi bevitelt más, természetes vagy adalékanyagként használt foszfáttal együtt. Ugyanakkor, a 2,41–2,92 közötti alacsony pH okozta lehetséges fogzománc károsodás és emésztőszervi bántalmak, valamint a magas cukortartalom miatti táplálkozási rendellenességek kockázata ellenjavallttá teszi őket a normál diéta részeként.

Az általunk kidolgozott IC-SCD módszer lehetővé teszi szervesetlen anionok egyidejű meghatározását kóla típusú üdítőitalokból. A műszeres vizsgálat nagyfokú pontosságot és megbízhatóságot kölcsönöz a méréseknek, rövid analízis idő mellett. Nagyfokú érzékenysége miatt a bemutatott módszer alkalmazható más vizes oldat (palackozott vizek, üdítőitalok, tej, szirupok, szuszpenziók stb.) szervesetlen aniontartalmának meghatározására, akár ppm (mg/L) tartományban is.

Rövidítések

- ENB - elfogadható napi bevitel
- EFSA - Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság
- IC – ionkromatográfia
- IC-SCD - szupprimált vezetőképesség detektorral ellátott ionkromatográfiás rendszer
- IQR – interkvartilis tartomány

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatást az Erdélyi Múzeum-Egyesület Orvos- és Gyógyszerésztudományi Szakosztályának 2022-es Kutatási ösztöndíja támogatta (szerződés szám 367/2022).

Irodalom

(lásd az angol nyelvű cikk végén)