

CZU: 543.422.3-76

<https://doi.org/10.53082/1857-3142.26.95.07>

Această lucrare poartă licența: CC BY-NC-ND 4.0

Spectrophotometric method for the quantitative determination of thiamine content in cereal products

Metoda spectrofotometrică de determinare a conținutului cantitativ al tiaminei în produsele cerealiere

Elena VOITCO,

cercetător științific

<https://orcid.org/0000-0002-5539-3791>;e-mail: elnavoitco1@gmail.com**Roman GOLUBI,**

doctor în științe ingineresti

<https://orcid.org/0000-0003-4444-9515>;e-mail: roman.golubi@incaamv.gov.md**Diana CRUCIRESCU,**

doctor în științe ingineresti

<https://orcid.org/0000-0002-6612-9937>;e-mail: diana.crucirescu@incaamv.gov.mdIP Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură
și Medicină Veterinară

Abstract. A current problem in food science is the creation of healthy product combinations enriched with vitamins, especially B vitamins. The method for quantitative determination of vitamins should be simple and fast. In this work, a method for quantitative determination of thiamine (vitamin B₁) using a spectrophotometric method (in the ultraviolet absorption spectrum) was developed. Model solutions were prepared. A calibration graph was constructed. The amount of vitamin B₁ in cereal products was determined.

Keywords: thiamine, spectrophotometric method, cereal products.

Rezumat. O problemă actuală în știința alimentară este crearea unor combinații de produse sănătoase îmbogățite cu vitamine, în special vitaminele grupei B. Metoda de determinare cantitativă a vitaminelor ar trebui să fie simplă și rapidă. Acest studiu s-a axat pe elaborarea unei metode pentru determinarea cantitativă a tiaminei (vitamina B₁), folosind metoda spectrofotometrică (în spectrul de absorbție ultraviolet). Au fost preparate soluții-model și construit un grafic de calibrare. S-a determinat cantitatea de vitamina B₁ în produsele cerealiere.

Cuvinte-cheie: tiamină, metodă spectrofotometrică, produse cerealiere.

Introducere

Vitaminele sunt un grup de compuși organici care au varietate de structuri chimice, proprietăți fizice și efecte fiziologice diferite asupra corpului uman. Sunt componente suplimentare la proteine, grăsimi, carbohidrați și minerale în alimente. Vitaminele fac parte din structura enzimelor. Dacă se atestă absența vitaminelor în alimente, apar tulburări metabolice [1]. Vitaminele din grupa B acționează în principal ca coenzime pentru a produce energie și joacă roluri importante [2].

Tiamina este o vitamină esențială solubilă în apă care joacă un rol important în metabolismul energetic. Deficitul alimentar de tiamină afectează metabolismul normal al carbohidraților, aceasta având rolul

de coenzimă în decarboxilarea oxidativă a piruvatului și α -cetoglutaratului și în transaldolarea și trans-cetolarea aldazelor și cetozele, care inhibă eliberarea energiei necesare pentru menținerea țesutului în stare vie [3]. Carența vitaminei B₁ prezintă numeroase provocări pentru medici, în special, datorită spectrului clinic larg, denumit „tulburări de deficit de tiamină”, care afectează sistemele metabolice, neurologic, cardiovascular, respirator, gastrointestinal și musculo-scheletic [4]. Doza zilnică recomandată este de 1,0–1,6 mg la adulți și 0,7–1,3 mg pentru copii [5].

În natură, tiamina este sintetizată de plante și microorganisme. În organismele vii, aceasta este prezentă sub formă de tiamină liberă și esterii săi de fosfor: tiamină monofosfat, tiamină difosfat, tiamină trifosfat. Formula brută – C₁₂H₁₇N₄O⁺S⁺, substanță cristalină incoloră. Proprietăți fizice – bine solubilă în apă, metanol, glicerină și practic insolubilă în solvenți organici mai puțin polari. Este stabilă la pH acid, dar este instabilă în soluții alcaline atunci când este expusă la căldură [6]. Tiamina este un cation și există sub formă de săruri, cel mai important fiind clorhidratul de tiamină (fig. 1).

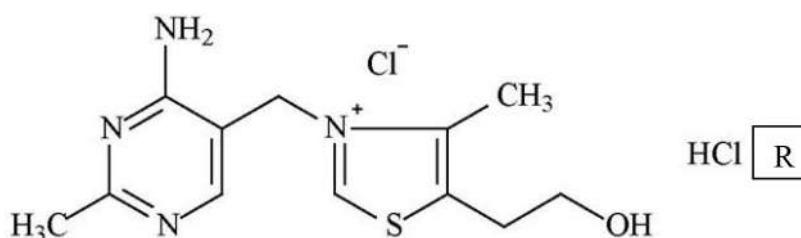


Figura 1. Formula chimică a clorhidratului de tiamină [6]

Clorhidratul de tiamină (fig. 1) este forma de sare clorhidrat a tiaminei, o coenzimă pentru multe procese enzimatice legate de metabolismul acizilor grași, aminoacizilor și a carbohidraților. Clorhidratul de tiamină este preparat prin combinarea unui echivalent molar de clorură de tiamină cu acid clorhidric. Sunt cunoscuți și compușii bromură de tiamină (R=Br, HBr) și mononitrat de tiamină (R=NO₃⁻, HNO₃).

Deseori apare necesitatea determinării vitaminei B₁ prin metode simple și rapide. Actualmente pentru acest obiectiv se utilizează câteva metode: spectrometrie IR, spectrofotometrie și metoda HPLC. Metodele cromatografice de analiză sunt foarte eficiente și precise, fiind bazate pe izolarea complexă a vitaminei din produs (extracția, hidroliza acidă, defosforilarea enzimatică a tiaminei, folosind conversia preliminară sau post-coloană în tiocrom), precum și utilizarea de reactivi scumpi, solvenți toxici și coloane de separare speciale. O metodă economă și simplă pentru determinarea vitaminei B₁ este cea spectrofotometrică, fiindcă necesită doar spectrofotometru și câteva etape de pregătire a probei: extragere cu soluții acide (0,1N HCl în varianta uzuală), neutralizare cu soluții alcaline (0,01...0,1 N NaOH) și determinare directă în spectrul UV la lungimi de undă de 240–255 nm. Determinarea în spectrul vizibil prevede lungimi de undă de 365–500 nm, în situația formării complexului colorat cu acid sulfanilic în forma diazotată. O condiție obligatorie este determinarea vitaminelor una câte una, pentru a evita interferența spectrală, sensibilitatea și acuratețea analizei [7].

Tiamina și sărurile de tiamină într-un mediu alcalin prezintă proprietăți fluorescente în regiunea ultravioletă a spectrului UV-Vis. Folosind această proprietate, este posibil să se determine cantitatea de tiamină din produsele alimentare cu ajutorul metodei spectrofotometrice.

Scopul lucrării: Datorită unui control cantitativ al conținutului de vitamine din produsele alimentare, a fost elaborată metoda spectrofotometrică de determinare a conținutului cantitativ al vitaminei B₁ în produsele cerealiere.

Materiale și metode de cercetare

Cercetările au fost efectuate în Departamentul Siguranța Produselor Alimentare din cadrul IP Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară (fostul Institut Științifico-Practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare) pe parcursul anilor 2022–2023.

Obiecte de cercetare au servit 10 mostre de produse cerealiere (făinuri, crupe, extrudate) prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Produse cerealiere utilizate în cercetare

Făină	Crupe	Extrudate
- albă de grâu, calitatea superioară - integrală	- grâu - mei - ovăz - hrișcă - orz	- porumb și șrot din dovleac - porumb și șrot din mere - porumb și șrot din struguri

Prepararea soluției de tiamină

Tiamina a fost identificată prin metoda spectrofotometrică (în spectrul de absorbție ultraviolet). Soluția standard principală este clorhidratul de tiamină, concentrația în masă a soluției $c(C_{12}H_{17}ClN_4OS \text{ HCl}) = 50 \mu\text{g/ml}$. Un ml de soluție standard de clorhidrat de tiamină a fost introdus într-un balon cotate de 100 ml, volumul balonului cotate a fost adus la cotă cu o soluție de acid clorhidric cu o concentrație de $c(\text{HCl}) = 0,1\text{M}$. Concentrația în masă a soluției de lucru obținute este $c(C_{12}H_{17}ClN_4OS \text{ HCl}) = 500 \mu\text{g/ml}$. Pentru determinarea cantitativă a tiaminei la spectrofotometru, a fost necesară o concentrație mai mică a acestei soluții. Diluarea a fost efectuată cu apă distilată (la 1 ml soluție s-au adăugat 9 ml de apă distilată), astfel a fost obținută o soluție cu concentrația de $c(C_{12}H_{17}ClN_4OS \text{ HCl}) = 50 \mu\text{g/ml}$.

Prepararea soluțiilor standard pentru construirea graficului de calibrare

Pentru a construi graficul de calibrare, necesar determinării tiaminei (vitamina B_1), au fost preparate 5 soluții de clorhidrat de tiamină cu diferite concentrații. În 5 eprubete cu volumul de 10 ml au fost introduse 1; 2; 3; 4; 5 ml de soluție preparată cu concentrația $c(C_{12}H_{17}ClN_4OS \text{ HCl}) = 50 \mu\text{g/ml}$. Apoi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 ml de soluție alcalină cu o concentrație molară de $c(\text{NaOH}) = 0,01\text{M}$ au fost transferate succesiv în aceleași eprubete, pentru a obține soluții cu $\text{pH} = 6,7-6,9$. Volumul fiecărei eprubete a fost completat până la 10 ml cu apă distilată și agitat.

Au fost obținute soluții cu concentrații masice de 5; 10; 15; 20; 25 $\mu\text{g/ml}$. Absorbanța fiecărei soluții a fost măsurată folosind spectrofotometrul Analytic Jena Spekol 1500, într-o cuvetă de cuarț de 1 cm grosime, la lungimea de undă $\lambda = 247 \text{ nm}$ (spectru ultraviolet). Apa distilată a fost folosită în calitate de soluție de comparație.

Determinarea vitaminei B_1 în produsele cerealiere

Pentru determinarea vitaminei B_1 în produsele cerealiere, a fost prelevată o probă de 10 g. Moștra a fost măcinată, apoi introdusă într-un balon conic de 250 ml, la care s-a adăugat o soluție de acid tartric de 4% cu 0,1% TWEEN BLUE. După extragerea tiaminei din probă, soluția a fost filtrată. Apoi 5 ml de filtrat au fost plasați într-o eprubetă gradată de 20 ml și s-au adăugat 15 ml de soluție alcalină cu o concentrație molară de $c(\text{NaOH}) = 0,01\text{M}$.

Din soluția obținută au fost preluate 4 ml și incluși într-o cuvă de cuarț pentru măsurarea absorbției optice la lungimea de undă $\lambda = 247 \text{ nm}$, folosind spectrofotometrul Analytic Jena Spekol 1500. Cantitatea de vitamină B_1 din probele testate a fost determinată folosind graficul de calibrare, ținându-se cont de diluțiile efectuate:

- 1) $10 \text{ g} : 250 \text{ ml} = 0,04 \text{ g}$ produs raportat la 1 ml (diluția efectuată la prima etapă 1:25);
 - 2) $20 \text{ ml} : 5 \text{ ml} = 4$, respectiv $0,04 \text{ g/ml}$ s-au diluat de 4 ori, deci diluția finală este 1:1000.
- Ca urmare, 1 ml de soluție conține vitamină raportată la 0,01 g produs analizat.

Rezultate și discuții

Soluțiile de tiamină obținute au fost trecute prin spectru ultraviolet, utilizând spectrofotometrul. Rezultatele sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Parametrii optici ai soluțiilor de calibrare pentru tiamină (vitamina B₁)

Nr. d/o	Concentrația masică a soluțiilor de tiamină, $\mu\text{g/ml}$	Lungimea de undă, λ , nm	Absorbanța
1.	5,0	247	0,15
2.	10,0	247	0,35
3.	15,0	247	0,55
4.	20,0	247	0,76
5.	25,0	247	0,98

Pe baza datelor obținute de absorbanță a soluțiilor de tiamină, a fost construit graficul de calibrare prezentat în figura 2.

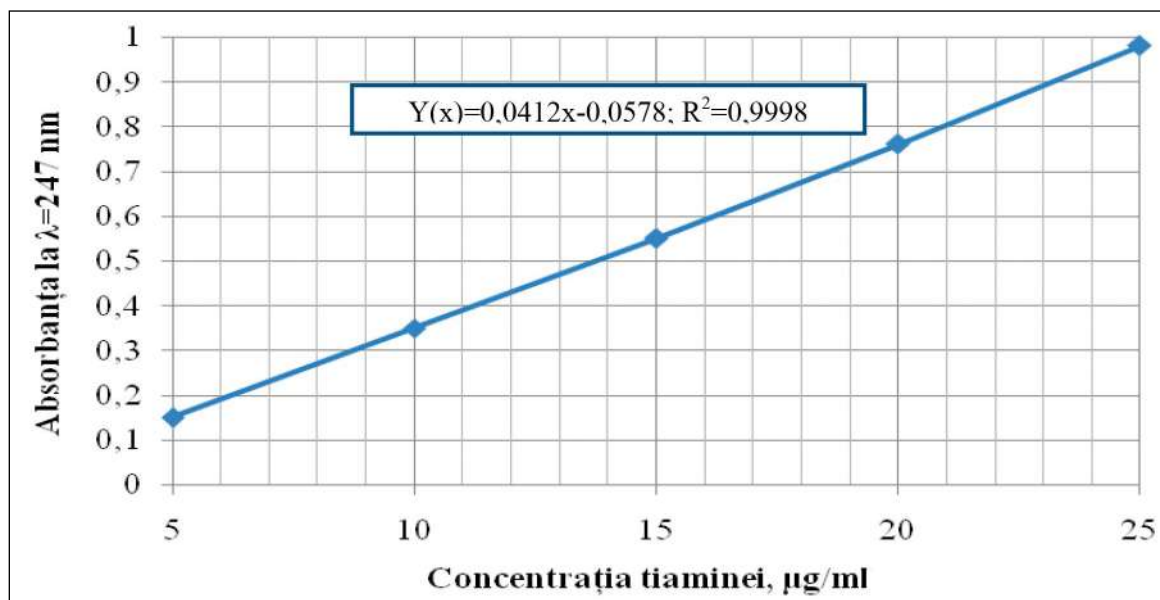


Figura 2. Graficul de calibrare a soluțiilor de tiamină (vitamina B₁)

Fiind o vitamină hidrosolubilă, tiamina nu poate fi stocată de organism și este ușor excretată. Prin urmare, consumul constant de tiamină este necesar pentru a evita deficiențele, deoarece epuizarea organismului poate apărea în doar 2-3 săptămâni [6].

Cerealele integrale și produsele cerealiere integrale sunt, de rând cu carnea de porc și drojdia, cele

mai importante surse alimentare de tiamină (vitamina B₁) pentru oameni, fiind foarte necesare și în nutriția animalelor [7]. În baza conținutului documentat de tiamină din cele mai consumate culturi de bază, ar trebui să fie cantități excesive de orez, porumb, grâu, orz și alte cereale pentru a satisface doza zilnică recomandată [6, 7].

În lucrarea dată au fost studiate 10 mostre de produse cerealiere, inclusiv făinuri, crupe și extrudate din porumb, la conținutul cantitativ de tiamină (vitamina B₁), conform graficului de calibrare (fig. 2). Multiple încercări efectuate au arătat că limitele concentrațiilor ce pot fi determinate sunt cuprinse între 0,15 și 10,00 mg tiamină raportată la 100 g produs cerealier. Rezultatele privind cantitățile vitaminei B₁ sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Conținutul vitaminei B₁ în mostrele de produse cerealiere

Nr. d/o	Denumirea produsului	Concentrația tiaminei (vitamină B ₁), mg/100 g produs	
		determinată prin metoda spectrofotometrică elaborată	conform surselor bibliografice [8]
1.	Făină albă de grâu, cal. superioară	0,17±0,02	0,31
2.	Făină integrală	0,57±0,04	0,47
3.	Crupe de grâu	0,44±0,02	0,45
4.	Crupe de mei	0,42±0,02	0,68
5.	Fulgi de ovăz	0,44±0,03	0,90
6.	Crupe de hrișcă	0,43±0,03	0,45
7.	Crupe de orz	0,27±0,02	0,12
8.	Extrudate din porumb și șrot din dovleac	5,20±0,04	-
9.	Extrudate din porumb și șrot din mere	5,13±0,02	-
10.	Extrudate din porumb și șrot din struguri	7,12±0,05	-

Datele rezultate în urma cercetărilor au demonstrat că făina integrală și crupele sunt bogate în vitamina B₁, conținutul ei fiind cuprins între valorile 0,27–0,57 (mg/100 g produs). Făina de grâu de calitate superioară este obținută din centrul bobului, care conține mai puțini nutrienți și vitamine, de aceea concentrația de tiamină este scăzută (0,17 mg/100 g produs). La rafinarea făinii se pierde majoritatea vitaminelor și nutrienților din aceasta. Făina integrală și cerealele integrale (hrișcă, fulgi de ovăz, grâu și mei) conțin cantități mari de vitamina B₁, deoarece nu sunt puternic procesate, păstrând conținutul natural de vitamine. Făina extrudată este un produs inovator în industria alimentară, având o valoare biologică ridicată și fiind obținută din ingrediente naturale. Atunci când este combinată cu alte produse în rețete, făina extrudată le sporește efectele. Extrudatele conțin vitamine, macro- și microelemente

corespunzătoare materiilor prime, au un conținut ridicat de proteine și un conținut scăzut de grăsimi. În cazul probelor studiate, conținutul de tiamină a variat între 5,20 și 7,12 (mg/100 g produs). Valorile mai mari de vitamină B₁ în acest tip de produse se explică prin faptul că nu au avut loc reacții intense Maillard în timpul extrudării, iar efectul temperaturii a fost de scurtă durată și respectiv amidonul care s-a mărit în volum sub acțiunea presiunii a creat straturi de protecție pentru specii sensibile la contact cu oxigenul.

Cerealele sunt o sursă importantă de majoritatea vitaminelor grupei B, în special tiamină, riboflavină și niacină [8]. Acestea pot contribui la aportul de vitamine și minerale, deși conținutul de micronutrienți va depinde de proporția de germeni, tărațe și endosperm prezenți. Pericarpul, germeul și stratul de aleuron sunt bogate în vitamine și minerale, produsele din cereale rafinate pierd o parte din acești nutrienți. În prezent, în țările aflate în Uniunea Europeană și Regatul Unit legislația impune adăugarea de tiamină, niacină, calciu și fier în făina de grâu (cu excepția celei integrale) [8].

Concluzii

Conținutul cantitativ de tiamină (vitamina B₁) în produsele cerealiere (făinuri, crupe și extrudate din porumb cu diverse șroturi) poate fi determinat prin metoda spectrofotometrică la lungimea de undă a absorbției electromagnetice $\lambda = 247$ nm, în limitele 0,15...10,00 mg/100 g.

Metoda spectrofotometrică necesită mai puțină muncă și este mai puțin costisitoare decât metoda HPLC. Aceasta este recomandată laboratoarelor de producere și întreprinderilor mici pentru a determina conținutul calitativ și cantitativ de vitamina B₁ în produsele cerealiere.

Notă: Studiul a fost efectuat în cadrul Proiectului Instituțional „Elaborarea tehnologiilor de procesare a materiei prime agroalimentare de origine vegetală și animală pentru obținerea produselor alimentare de generație nouă”, perioada 2022–2023.

Bibliografie

1. Barker T. *Vitamins and Human Health: Systematic Reviews and Original Research*. In: *Nutrients*, 2023, 26, 15(13), 2888. DOI: 10.3390/nu15132888
2. Zhang Y., Zhou W.-e., Yan J.-q., Liu M., Zhou Y., Shen X., Ma Y.-l., Feng X.-s., Yang J., Li G.-h. A Review of the Extraction and Determination Methods of Thirteen Essential Vitamins to the Human Body: An Update from 2010. In: *Molecules*, 2018, 23, 1484. <https://doi.org/10.3390/molecules23061484>
3. Liang C.C. A new approach to the study of thiamine deficiency. In: *Nature*, 1960, 188, pp. 660–661. <https://www.nature.com/articles/188660b0>
4. Smith T.J., Johnson C.R., Koshy R., Hess S.Y., Qureshi U.A., Mynak M.L., Fischer P.R. Thiamine deficiency disorders: A clinical perspective. In: *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2021, 1498(1), pp. 9–28. <https://doi.org/10.1111/nyas.14536>
5. Makarchikov A.F., Wins P., Bettendorff L. Biochemical and medical aspects of vitamin B₁ research. In: *Neurochemistry International*, 2025, 185, 105962. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2025.105962>
6. Fitzpatrick T.B., Chapman L.M. The importance of thiamine (vitamin B₁) in plant health: From crop yield to biofortification. In: *J. Biol. Chem.*, 2020, 295 (34), 12002–12013. DOI: 10.1074/jbc.REV120.010918
7. Buchholz M., Drotleff A.M., Ternes W. Thiamin (vitamin B₁) and thiamin phosphate esters in five cereal grains during maturation. In: *Journal of Cereal Science*, 2012, 56 (1), 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.11.009>
8. Pickard R.S., McKeivith B. (2005). The role of cereals in the diet. In book: *Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers*, p. 89. DOI: 10.1533/9781845690632.4.89

Data expedierii manuscrisului: 25.09.2025

Data aprobării spre publicare: 23.07.2026