

CZU: 543.422.3-76

<https://doi.org/10.53082/1857-3142.26.95.08>

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

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

Metoda spectrofotometrică de determinare a conținutului cantitativ de riboflavină în produsele cerealiere

Liudmila RABOTNICOVA, cercetător științific
<https://orcid.org/0000-0001-6979-5866>;
e-mail: rabotnicovaliudmila@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.md

IP Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură
și Medicină Veterinară

Abstract. This article explores and tests a spectrophotometric method for determining vitamin B₂ (riboflavin) in processed cereal grains, with an emphasis on optimizing sample preparation and spectral analysis stages. Optical density measurements were taken, and a calibration curve was constructed using five standard riboflavin on a spectrophotometer at a wavelength of $\lambda = 266$ nm. Three cereal grain solutions were prepared, their ultraviolet absorption spectra recorded, and the riboflavin content in the analyzed samples determined. The established spectrophotometric method is simple, economical, the accuracy and free from the use of toxic solvents. Therefore, the aim of this study is to determine the vitamin B₂ content in processed products and demonstrate its bioavailability.

Keywords: riboflavin, ultraviolet spectrum, spectrophotometric method, cereal products.

Rezumat. În articol este analizată și testată metoda spectrofotometrică de determinare a vitaminei B₂ (riboflavina) în cereale procesate, cu optimizarea etapelor de pregătire a probelor și realizarea analizei spectrale. S-au efectuat măsurări ale densității optice și s-a construit graficul de calibrare pentru 5 soluții standard de vitamina B₂, la spectrofotometru cu setarea lungimii de undă $\lambda = 266$ nm. Au fost preparate soluții din produsele cerealiere, s-a realizat absorbția în spectrul ultraviolet și s-a determinat conținutul de vitamina B₂ în probele analizate. Metoda spectrofotometrică stabilită este simplă, economică, precisă și nu necesită solvenți toxici. Prin urmare, scopul acestui studiu este de a determina conținutul de vitamina B₂ în produsele procesate și de a evidenția biodisponibilitatea acestora.

Cuvinte-cheie: riboflavină, spectru ultraviolet, metodă spectrofotometrică, produse cerealiere.

Introducere

Vitaminele sunt o clasă de nutrienți esențiali în organism și joacă roluri importante în sănătatea umană. Substanțele chimice sunt implicate în multe funcții fiziologice și atât lipsa, cât și excesul lor pot pune în pericol sănătatea. Acestea sunt componente suplimentare la proteine, grăsimi, carbohidrați și minerale în alimente, participă la numeroase procese biochimice, contribuind la

creștere, dezvoltare și metabolism. Vitaminele se găsesc în cantități extrem de mici comparativ cu substanțele principale din alimente, dar sunt indispensabile organismului pentru menținerea funcțiilor vitale [1, 2].

Riboflavina, cunoscută și sub numele de vitamina B₂, este o vitamină hidrosolubilă și termostabilă, care joacă un rol esențial într-o gamă largă de căi și procese biologice, are formula moleculară C₁₇H₂₀N₄O₆, masa moleculară de 376,4 g/mol și o structură de izoaloxazină substituită cu un lanț lateral de ribitol (*fig. 1*). Aceasta servește în principal ca și coenzimă sub formă de mononucleotidă de flavină și dinucleotidă de flavină adenină pentru o varietate de enzime flavoproteice [3].

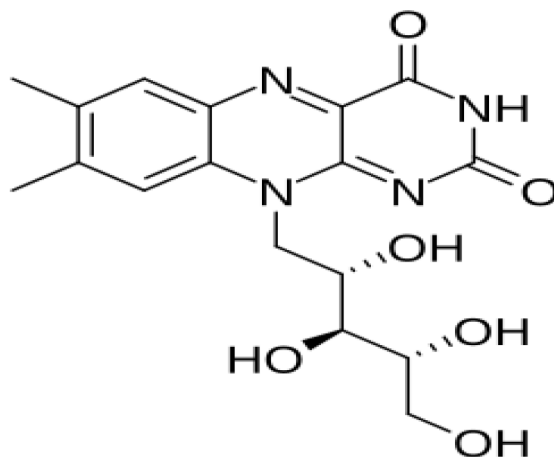


Figura 1. Formula chimică a riboflavinei [4]

Doza zilnică recomandată de riboflavină [5]:

- Adulți (19-70 de ani): pentru femei este de 0,9-1,1 mg/zi (1,4-1,6 mg/zi în timpul sarcinii și alăptării), iar pentru bărbați – de 1,1-1,3 mg/zi.
- Adolescenți (10-18 ani): 0,9-1,3 mg/zi.
- Copii (1-9 ani): 0,5-0,6 mg/zi.
- Sugari (0-12 luni): 0,3-0,4 mg/zi.

Riboflavina este un nutrient esențial pentru sănătatea umană și trebuie inclusă în dietă. O cantitate anumită de vitamina B₂ se formează în intestin sub acțiunea microorganismelor. Riboflavina este stabilă la încălzire în mediu acid, însă se degradează în mediu alcalin și sub influența luminii ultraviolete. Acest aspect trebuie luat în considerare la depozitarea alimentelor bogate în vitamina B₂. Sursele bogate de riboflavină sunt produsele lactate, carnea, leguminoasele, ficatul, ouăle și cerealele [6].

Cerealele, precum grâul, orezul, porumbul, ovăzul și secara, reprezintă baza alimentației pentru o mare parte a populației lumii. Totuși, conținutul de vitamina B₂ în boabele integrale variază în funcție de tipul culturii, gradul de procesare și condițiile de depozitare. Prin urmare, principiul alimentației echilibrate, care stabilește proporțiile diferitelor substanțe în dieta umană, impune noi cerințe științei alimentelor. Știința alimentelor în secolul XXI trebuie să dezvolte și să creeze combinații de materii prime supuse unei prelucrări mecanice și termice minime, pentru a păstra în produsele obținute un nivel ridicat de substanțe nutritive și compuși biologic activi [7].

Scopul lucrării a fost elaborarea metodei spectrofotometrice de determinare a conținutului cantitativ al vitaminei B₂ în produsele cerealiere și evidențierea biodisponibilității acesteia.

Materiale și metode de cercetare

În calitate de obiecte de cercetare au servit următoarele 10 mostre de produse cerealiere:

- făină de grâu, calitatea superioară și integrală;

- crupe de grâu, porumb, hrișcă, orz și fulgi de ovăz;
- extrudate din porumb cu șrot din dovleac, șrot din mere și șrot din struguri.

Studierea produselor cerealiere analizate a fost efectuată în laboratorul „Verificarea calității produselor alimentare” din cadrul Instituției Publice Institutul Științifico-Practic de Horticultură și Tehnologii Alimentare (actualmente Instituția Publică Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară, Departamentul Siguranța Produselor Alimentare, reorganizat în anul 2025) pe parcursul anilor 2022–2023 de cercetare.

Prepararea soluției de riboflavină

La un cântar analitic au fost cântărite 10 mg (eroare maximă de 0,0001 g) de riboflavină uscată într-un pahar chimic cu un volum de 50 ml, apoi transferate într-un balon cotat de 100 ml cu apă distilată. A fost adăugată apă distilată în cantitate de 70 ml (aproximativ 2/3 din volum) și s-a încălzit timp de 20 de minute pe o baie de apă până la dizolvarea completă. Balonul a fost răcit la temperatura camerei și completat cu apă distilată până la cotă. Astfel, s-a obținut o soluție de lucru cu concentrația de 100 μg/ml ($10 \text{ g} \times 1000 \text{ μg} / 100 \text{ ml} = 100 \text{ μg/ml}$).

Prepararea soluțiilor standard pentru construirea graficului de calibrare

Pentru construirea graficului de calibrare, soluția menționată a fost diluată de 10 ori. Din soluția obținută se pregătesc 5 soluții standard de calibrare în eprubete cu un volum de 10 ml. În fiecare eprubetă s-au adăugat cu pipeta 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 și 5,0 ml din soluția de lucru și s-a completat volumul până la 10 ml cu soluția de 0,1 M NaOH. Astfel, s-au obținut soluțiile standard de calibrare cu concentrațiile de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 și 5,0 μg/ml. Fiecare soluție a fost trecută la spectrofotometru și măsurată absorbția la lungimea de undă $\lambda=266 \text{ nm}$ (spectru ultraviolet). Conform datelor obținute, a fost trasată curba de calibrare, reprezentând grafic valorile absorbției spectrale în funcție de concentrațiile soluțiilor standard exprimate în micrograme per mililitru.

Determinarea vitaminei B₂ în produsele cerealiere

Produsele cerealiere destinate cercetării au fost pregătite pentru analiză. Proba de produs a fost măcinată și transferată într-un recipient de sticlă ermetic, etichetat cu numărul probei pentru depozitare. Din recipient s-a prelevat o cantitate de 10 g de produs. Proba a fost cântărită cu o precizie de 0,0001 g și transferată într-un balon conic cu volumul de 250 ml. În balon au fost adăugate 250 ml de soluție 0,1 M HCl. Amestecul a fost încălzit până la fierbere și menținut timp de 20 de minute, ulterior, răcit și filtrat printr-un filtru de hârtie. Într-un balon cotat de 100 ml au fost transferate cu pipeta 5 ml din filtratul obținut al probei. Soluția analizată a fost completată cu soluție de 0,1 M NaOH până la cotă, agitată ușor, fiind imediat efectuată determinarea spectrofotometrică a vitaminei B₂ (riboflavină) la lungimea de undă $\lambda=266 \text{ nm}$ (spectru ultraviolet).

Pentru determinarea absorbției în spectrul ultraviolet, au fost folosite cuvete de cuarț cu grosimea de 1 cm, în care s-au adăugat 4 ml din soluția investigată. Apa distilată a servit drept soluție de referință.

Diluțiile efectuate în cadrul determinărilor:

Determinarea cantitativă a vitaminei B₂ a fost realizată conform graficului de calibrare, ținând cont de diluțiile efectuate:

1. 10 g produs : 250 ml = 0,04 g produs/ml
Diluția la etapa inițială a fost 1:25.
2. 5 ml $\times$ 0,04 g = 0,2 g produs în 5 ml soluție
3. 0,2 g : 100 ml = 0,002 g/ml (diluție la etapa a doua)
4. 0,04 g : 0,002 g = 20 (reiese că 0,04 g/ml au fost diluate de 20 de ori)

Diluția finală a fost 1:500 = 0,002 g/ml.

Astfel, 1 ml de soluție conține o cantitate de vitamina B₂ corespunzătoare a 0,002 g de produs analizat.

Rezultate și discuții

Soluțiile standard de riboflavină au fost trecute prin spectru ultraviolet la lungimea de undă $\lambda = 266$ nm, măsurând astfel absorbanta acestora. Rezultatele obținute sunt prezentate în *tabelul 1*.

Tabelul 1

Parametrii optici ai soluțiilor standard de riboflavină (vitamina B₂)

Nr. d/o	Concentrația masică a soluțiilor de riboflavină, $\mu\text{g/ml}$	Absorbanța
1.	1,00	0,20
2.	2,00	0,37
3.	3,00	0,55
4.	4,00	0,71
5.	5,00	0,90

Conform datelor obținute privind absorbanta soluțiilor de vitamina B₂ (riboflavină), a fost construit graficul de calibrare prezentat în *figura 2*.

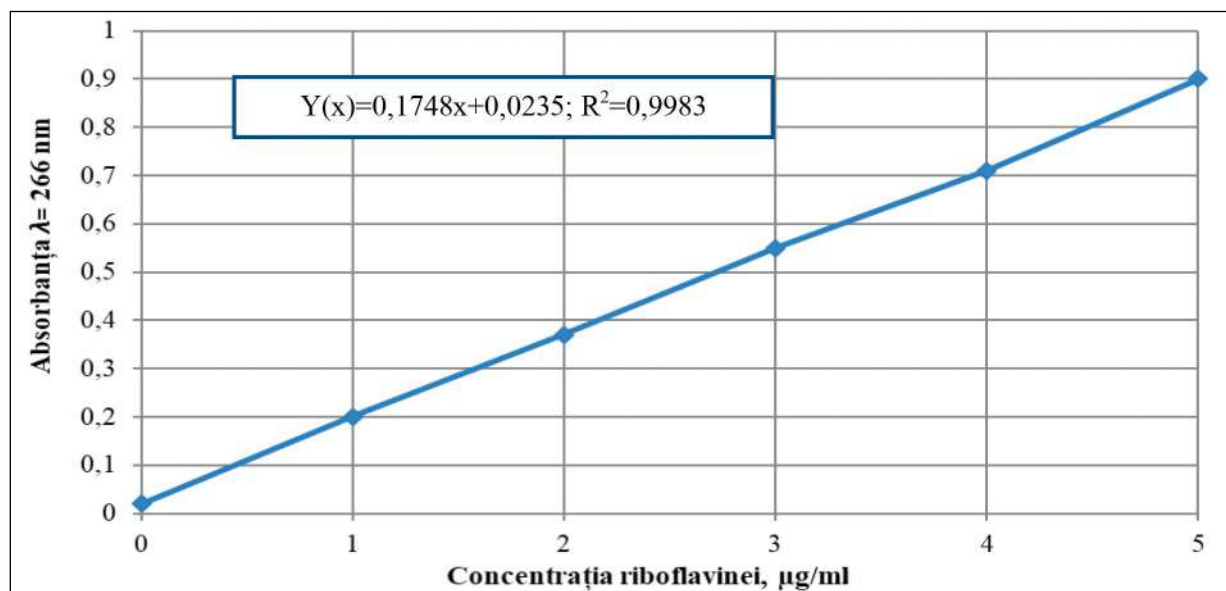


Figura 2. Graficul de calibrare a soluțiilor standard de riboflavină (vitamina B₂)

Lucrarea include studiul a 10 mostre de produse cerealiere, inclusiv făinuri, crupe și extrudate din porumb cu diverse tipuri de șroturi. În acestea a fost determinată cantitatea de riboflavină (vitamina B₂), conform datelor indicate în graficul de calibrare (*fig. 2*). Pe baza testărilor efectuate, unde au fost aplicate diferite grade de diluții ale mostrelor, s-a stabilit că limitele conținutului de vitamină raportată la 100 g produs se situează între 0,02 și 8,00 mg. Paralel, au fost oferite date din literatura de specialitate privind

cantitățile de vitamina B₂ în aceleași produse cerealiere analizate prin metoda HPLC. Rezultatele privind conținutul cantitativ al riboflavinei sunt prezentate în *tabelul 2*.

Tabelul 2

Conținutul vitaminei B₂ în mostrele de produse cerealiere

Nr. d/o	Denumirea produsului	Concentrația riboflavinei (vitamina B ₂), mg/100 g produs	
		determinată prin metoda spec- trofotometrică elaborată	conform surselor bibliografice [8]
1.	Făină albă de grâu, calitatea superioară	0,04±0,02	0,03
2.	Făină integrală	0,15±0,04	0,09
3.	Crupe de grâu	0,10±0,02	0,09
4.	Crupe de porumb	0,13±0,03	0,11
5.	Fulgi de ovăz	0,12±0,02	0,09
6.	Crupe de hrișcă	0,14±0,03	0,08
7.	Crupe de orz	0,13±0,02	0,05
8.	Extrudate din porumb și șrot din dovleac	5,17±0,04	-
9.	Extrudate din porumb și șrot din mere	4,23±0,03	-
10.	Extrudate din porumb și șrot din struguri	3,80±0,02	-

Datele prezentate în *tabelul 2* evidențiază faptul că făina integrală conține aproximativ 0,15 mg de riboflavină în 100 g produs, în timp ce făina albă rafinată este considerabil mai săracă în această vitamină (0,04 mg/100 g produs). Aceasta se datorează faptului că riboflavina se găsește preponderent în straturile exterioare ale bobului și în germen. Prin urmare, gradul de prelucrare a cerealelor influențează semnificativ conținutul de riboflavină. Cernerea făinii o privează de vitamina B₂, întrucât tăratele și germenii sunt eliminați în procesul de rafinare [7, 8]. Cel mai ridicat conținut de vitamina B₂ (riboflavină) se regăsește în extrudatul din porumb cu tescovină de dovleac (5,17–5,21 mg/100 g produs), urmat de extrudatul din porumb cu tescovină de mere (4,23–4,26 mg/100 g produs). În schimb, extrudatul din porumb cu tescovină de struguri conține o cantitate mai redusă de riboflavină, comparativ cu produsele extrudate menționate anterior, având valori de 3,80–3,82 mg/100 g produs (*tab. 2*).

Dintre cerealele prelucrate (hrișcă, orz, porumb, ovăz și grâu), cea mai bogată în riboflavină este hrișca (0,14–0,17 mg/100 g produs), urmată de crupele de porumb (0,13–0,16 mg/100 g produs) și de crupele de orz (0,13–0,15 mg/100 g produs). Aceste cereale și-au păstrat o cantitate semnificativă de vitamina B₂, deoarece au fost supuse unei prelucrări mecanice minime. În schimb, la fulgii de ovăz și crupele de grâu se observă o diminuare a conținutului de riboflavină, cu aproximativ 0,02 mg/100 g produs în cazul fulgilor de ovăz și 0,04 mg/100 g produs în crupele

de grâu, fapt explicat printr-un grad mai ridicat de prelucrare, în urma căreia sunt îndepărtate tă-rățele și germenii. De asemenea, tratamentele hidrotermice, precum fierberea, reduc suplimentar conținutul de riboflavină (vitamina B₂), în special, în condițiile unei expuneri prelungite la tempe-raturi ridicate [7, 8].

Concluzii

1. A fost elaborată o metodă de determinare cantitativă a vitaminei B₂ în produsele cerealiere prin metoda spectrofotometrică, utilizând spectrul de absorbție ultraviolet-vizibil la lungimea de undă $\lambda = 266$ nm, în limitele 0,02...8,00 mg/100 g produs.

2. Rezultatele obținute au demonstrat că extrudatele din porumb și cele combinate cu diverse tipuri de tescovină de origine vegetală prezintă un conținut semnificativ mai ridicat de vitamina B₂ (riboflavină), întrucât sunt obținute din materii prime naturale și supuse unei prelucrări meca-nice mai ușoare. În schimb, crupele și produsele cerealiere conțin cantități reduse de vitamina B₂, ca urmare a pierderilor cauzate de gradul înalt de prelucrare (mecanică și hidrotermică), motiv pentru care acestea necesită o îmbogățire suplimentară artificială cu vitamina B₂, practică deja implementată în numeroase țări, reprezentând o strategie importantă pentru prevenirea deficien-ței acestui nutrient.

3. Metoda spectrofotometrică este considerată cea mai simplă, întrucât nu necesită echipamente complexe sau reactivi costisitori, oferă rezultate rapide necesare pentru analiza cantitativă a vitaminelor și este accesibilă oricărui laborator din domeniul industriei alimentare și agriculturii.

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. Olfat N., Ashoori M., Saedisomeolia A. *Riboflavin is an antioxidant: a review update*. In: *British Journal of Nutrition*, 2022, 128(10), pp. 1887–1895. <https://doi.org/10.1017/S0007114521005031>
4. Lysne V., Strandler H.S. *Riboflavin: a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023*. In: *Food & Nutrition Research*, 2023, 67. <https://doi.org/10.29219/fnr.v67.10315>
5. Pinto J.T., Zemleni J. *Riboflavin*. In: *Advances in Nutrition*, 2016, 7 (5): 973-5. <https://doi.org/10.3945/an.116.012716>
6. Peechakara B.V., Sina R.E., Gupta M. *Vitamin B₂ (Riboflavin)*. In: *StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*, 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525977/>
7. Škrovánková S., Sikorová P. *Vitamin B₂ (Riboflavin) content in cereal products*. In: *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2010, 58, pp. 377–382. <https://doi.org/10.1118/actaun201058050377>
8. Pickard R.S., McKeith B. *The role of cereals in the diet*. In book: *Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers*, 2025, p. 89. <https://doi.org/10.1533/9781845690632.4.89>

Data expedierii manuscrisului: 20.10.2025

Data aprobării spre publicare: 23.07.2026