

ASPECTE ALE CARENTELOR NUTRIȚIONALE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Corina CIOBANU, Iurie SUBOTIN

Universitatea Tehnică a Moldovei

This article is dedicated to the study of the complex problem concerning enrichment with iron of bread and bakery products and elaboration of technologies that do not affect the traditional meal structure of the population and do not require significant capital investments. Here was calculated the stability constant of iron complex and Gibbs energy of its chelation; studied the solubility of iron ions in the conditions of gastro-intestinal digestion for different types of flour; was investigated the relative bio-availability of iron ions in enriched bread as a dependence of used fortifying agent.

Întroducere. Prevenirea carențelor nutriționale constituie o măsură indispensabilă în profilaxia multiplelor patologii, costisitoare pentru sistemul de sănătate, necesitând cheltuieli enorme de îngrijire, spitalizare, medicamente și investigații multiple. Printre cele mai răspândite carențe nutriționale se situează deficiența de fier, care afectează peste 2 mlrd din populația globului. Scăderea imunității organismului, a performanțelor intelectuale și fizice, precum și anemia feriprivă prezintă cele mai frecvente consecințe ale acestor carențe, a căror etiologie în majoritatea cazurilor provine din erori dietetice referitor la conținutul de nutrienți și deficitul de fier.

Studiul asupra consumului alimentar și aporturilor nutriționale ale familiilor din Republica Moldova [1] a scos în evidență faptul că produsele utilizate în alimentația femeilor cu vârsta cuprinsă între 18 și 45 ani asigură doar 23-53% din necesarul zilnic de fier. Cca 20% din femeile de vârstă reproductivă și 20% din copiii de până la un an suferă de anemie. Frecvența anemiilor la elevi este de 30-32%, iar la preșcolari prezența anemiei este atestată la 47% din copii.

Conform estimărilor efectuate de experții FAO/OMS, în Republica Moldova consumul mediu de fier nu atinge nivelul de 100% din necesitățile nutriționale nici pentru o categorie a populației [2]. În anul 2002 OMS a prezentat deficiența de fier ca fiind printre cele mai importante dintre riscurile asupra sănătății, care pot fi prevenite. Fortifierea alimentelor a fost recomandată drept strategie de bază în scopul ameliorării situației nutriționale. Dar, aplicarea acestei strategii necesită de a stabili care sunt alimentele consumate în mod sistematic și în cantități suficiente de către grupurile de populație vizate. De asemenea, este necesar de a stabili compușii de fier care sunt convenabili în funcție de biodisponibilitatea lor și de stabilitatea organoleptică. Un aspect important constă în stabilirea cantității optime de fortifiant, a alimentului matrice care să asigure protecția fortifiantului și, deci, o bună disponibilitate, evaluarea interacțiunilor dintre fortifiant și suport, precum și a transformărilor posibile pe durata procedurilor tehnologice, păstrării și consumului alimentelor fortificate.

Obiectivele investigațiilor. Obiectivul prezentei cercetări constă în stabilirea modalității de încorporare a fierului exogen în produse de panificație și patiserie prin reducerea impactului antinutrienților și formularea pe baza rezultatelor obținute a unor alimente fortificate, capabile să asigure un aport de fier cu o biodisponibilitate înaltă în alimentație. Atingerea acestui scop a necesitat realizarea următoarelor obiective:

- cercetarea evoluției formelor chimice ale fierului endogen din făina de grâu și ale fierului administrat în formă de fortifiant pe parcursul tratamentului tehnologic;
- cercetarea influenței gradului de extragere al făinurilor asupra disponibilității fierului și a procesului de hidroliză a fitaților din pâine fortificată;
- cercetarea influenței naturii și a conținutului de fortifiant asupra solubilității fierului din pâine în condițiile digestiei gastrointestinale *in vitro* și a modificărilor fizico-chimice și senzoriale ale alimentelor;
- cercetarea influenței metodei de panificație asupra biodisponibilității potențiale a fierului exogen.

Material și metode

Pentru investigații a fost utilizată făina de grâu, frecvent utilizată în panificație: de calitate superioară, calitatea I, calitatea II și făina integrală (reconstituită), drojii de panificație (GOST-171-81. Prescripții tehnice ИУС 11-92. Indice de clasificare nr.31), zahăr tos (GOST 21-94. Zahăr tos. Prescripții tehnice. Indice de clasificare nr.41), sare alimentară (GOST 13830-97. Sare de bucătărie alimentară. Indice de clasificare nr.93),

ulei vegetal (GOST 1129-93. Ulei de floarea-soarelui. Condiții tehnice), margarină (STAS-240-85). Pentru efectuarea investigațiilor au fost utilizați o serie de reactivi chimici și utilizate diferite metode de dozare: dozarea fierului [3], dozarea fosforului și a fitaților [4], dozarea vitaminei C [5], dozarea calciului [6], stabilirea conținutului total de substanțe uscate (GOST 21094-75), mineralizarea produselor (GOST 26929-94), Metode fizico-chimice de cercetare a produselor de panificație (GOST 5667-65).

Rezultate și discuții

Cercetarea formelor chimice ale fierului prezent în făina de grâu. Solubilitatea elementelor minerale reprezintă o condiție esențială pentru absorbția lor din tractul gastrointestinal. Cauza acestui fenomen constă în incapacitatea fierului legat în formă de compuși puțin solubili de a penetra bariera gastrointestinală [7]. În timpul preparării culinare a alimentelor au loc multiple interacțiuni între diferiți constituenți ai sistemului alimentar, care pot afecta sau, din contra, spori biodisponibilitatea mineralelor esențiale. Din acest motiv, este necesar de a cerceta interacțiunea dintre fier (conținut în mod natural în făină – proba martor, precum și a celui administrat în formă de fortifiant) și constituenții făinii pe parcursul tratamentului.

Scopul acestei cercetări constă în evaluarea capacității de chelatare a fierului de către fitații conținuți în făina de grâu de calitate I, folosită cel mai frecvent în panificație. Evoluția conținutului de fier solubil, de fitați solubili, precum și constantele de stabilitate ale complexilor fier-fitat după 2 ore de înmuiere a făinii sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1

Evoluția fierului și a fitaților solubili și calcule termodinamice pe parcursul înmuierii făinii de calitate I*

Adaosul de fier, mg Fe/100 g făină	Fe total, mmol/100 g făină	Fe liber, mmol / 100 g făină	Fe legat, mmol / 100 g făină	Fitați solubili, mmol / 100 g făină	Raportul fitat total**/ fier total
-	$4,536 \cdot 10^{-3}$	$0,681 \cdot 10^{-4}$	$4,468 \cdot 10^{-3}$	0,219	172,6
2	$8,071 \cdot 10^{-3}$	$1,582 \cdot 10^{-4}$	$7,913 \cdot 10^{-3}$	0,196	97,0
4	$11,839 \cdot 10^{-3}$	$3,197 \cdot 10^{-4}$	$11,519 \cdot 10^{-3}$	0,131	66,1
6	$15,120 \cdot 10^{-3}$	$4,602 \cdot 10^{-4}$	$14,660 \cdot 10^{-3}$	0,111	51,8

* după 2 ore de înmuiere (10 g făină+100 ml H₂O distilată); fortifiant–FeSO₄·7H₂O;

** $C_{\text{fitat total}} = 0,783 \text{ mmol}/100 \text{ g făină}$; $C_{\text{Fe total}} = 4,536 \cdot 10^{-3} \text{ mmol}/100 \text{ g făină}$

S-a constatat că cea mai mare parte a fierului, prezent în făina nefortificată, se află în stare legată. După 2 ore de înmuiere a făinii, când echilibrul este deja atins, doar o cantitate foarte mică de fier se află în stare liberă. În cazul înmuierii făinii cu fortifiant (FeSO₄), conținutul final de fier liber nu depășește 3% din conținutul de fier total. Acest fapt denotă că abilitatea fitaților de a complexa fierul din făină, precum și a celui administrat în formă de fortifiant, este foarte mare.

Cercetarea influenței gradului de extragere a făinurilor asupra biodisponibilității fierului. Problema de bază în asigurarea produselor de înaltă calitate depinde în mare măsură de calitatea materiilor prime. Compoziția făinurilor alese pentru fabricarea produselor de panificație fortificate poate influența direct atât calitatea produselor, cât și biodisponibilitatea micronutrienților de origine endogenă și exogenă (adiționali). Din acest punct de vedere, alegerea tipului de făină, precum și a fortifiantului, este de o relevanță deosebită.

Făinurile cu grade diferite de extracție se deosebesc după conținutul substanțelor minerale. Astfel, deoarece în panificație se folosesc făinuri cu grade de extracție diferite, a fost analizat conținutul de substanțe minerale esențiale (Fe, Ca, Mg, P) în făina de calitate superioară, de calitate I, II, și în făina integrală. Ulterior, din făinurile examinate a fost fabricată pâine, fortificată cu sulfat de Fe(II) heptahidru (cu un adaos de 2, 4 și 6 mg Fe/100 g făină). Pâinea a fost fabricată prin metoda tradițională (bifazică), iar fortifiantul a fost administrat la etapa de frământare a aluatului, în formă de soluție proaspăt pregătită (fortifiantul + sarea de bucătărie).

S-a constatat că odată cu diminuarea gradului de extragere a făinii crește și conținutul de fier, precum și conținutul de fitați. Dar, la finele digestiei gastrointestinale *in vitro* se constată că biodisponibilitatea potențială a fierului prezent în pâinea nefortificată este extrem de redusă și este invers proporțională gradului de

extragere a făinii. Procentul de fier solubilizat variază de la 8,1 și 7,8 (pâinea din făină de calitate superioară și de calitate I) până la 4,3 și 3,8 (făină de calitate II și integrală). Astfel, conținutul fierului solubil în pâinea nefortificată constituie, după cele 4 ore de digestie *in vitro*, doar 0,14-0,20 mg Fe/100 g produs și practic nu variază în funcție de calitatea făinii.

Gradul de solubilizare a fitaților din pâine pe parcursul digestiei gastrointestinale *in vitro* depinde, de asemenea, de gradul de extragere a făinii. Astfel, pentru pâinea nefortificată se constată că procentul de fitați solubili variază între 28% (pâine din făină de calitate I) și 18% (pâine din făină integrală) (Fig.1).

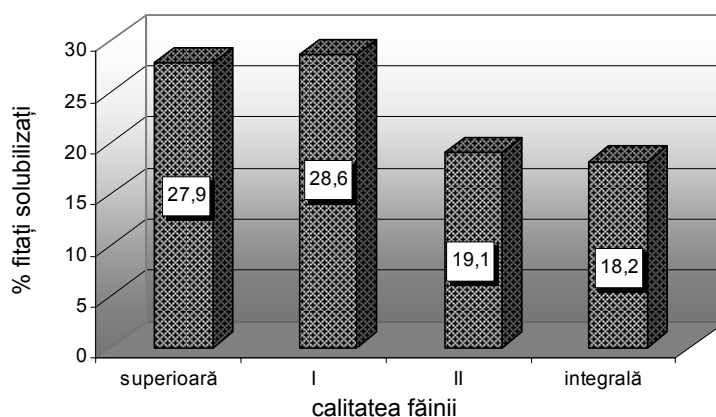


Fig.1. Gradul de solubilizare a fitaților din pâine după 4 ore de digestie gastrointestinală *in vitro*.

Analiza gradului de solubilizare a fierului din pâinea fortificată în raport cu cea nefortificată denotă că în cazul administrării fortifiantului gradul de solubilizare a fierului din pâinea fortificată este considerabil mai înalt. Dar, conținutul de fier solubil (în raport față de fierul total) depinde în mod esențial de gradul de extragere a făinii (Fig.2).

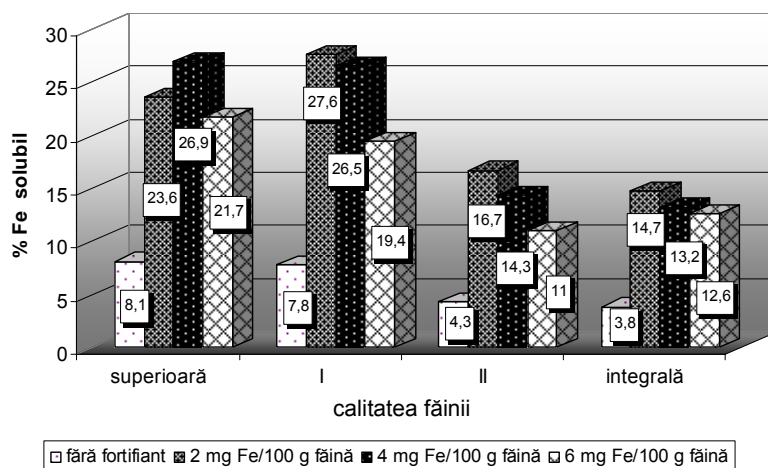


Fig.2. Procentul de fier solubil față de fierul total la finele digestiei gastrointestinale *in vitro* a pâinii.

S-a stabilit că rata fierului solubil depinde și de concentrația fortifiantului. Astfel, pentru pâinea din făină de calitate superioară și din făină de calitate I procentul de fier solubil este maxim, în special pentru pâinea cu adaos de fortifiant de 2-4 mg Fe/100 g făină. În pâinea din făină de calitate I și cea integrală gradul de solubilitate a fierului descrește treptat odată cu creșterea conținutului de fortifiant, dar această descreștere este neesențială în cazul pâinii din făină integrală.

Alegerea agentului de fortificare. Alegerea fortifiantului consistă în stabilirea unui compromis între biodisponibilitatea micronutrientului administrat și efectele organoleptice nedorite. Pentru cercetare a fost utilizată pâinea din făină de grâu de calitate superioară de producție autohtonă (STAS-26574-85). Drept aditivi

au fost folosiți sulfatul de fier(II) ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), gluconatul de fier – $\text{Fe}(\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COO})_2$, lactatul de fier – $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) și fumaratul de fier – $\text{FeC}_2\text{H}_2(\text{COO})_2$.

Caracteristica pâinii fortificate cu fier nu variază esențial față de proba martor. Capacitatea de reținere a apei, la fel ca și volumul specific al pâinii îmbogățite cu fier și a probei martor corespund standardelor de panificație. Proprietățile fizico-chimice (volumul specific și pH-ul miezului de pâine) și organoleptice ale pâinii fortificate sunt prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2

Proprietățile fizico-chimice și evaluarea organoleptică a pâinii fortificate cu fier

Concentrația aditivului de fier, mg Fe/100 g făină	Masa aluatului, g	Masa pâinii după coacere, g	Masa pâinii răcite, g	Volumul specific, cm^3/g	pH	Evaluarea organoleptică (1-10), n=10
<i>Proba martor</i>						
0	463,02	426,54	424,04	3,92	5,37	8,2/10
<i>Fortifiant – sulfatul de fier $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$</i>						
2	474,12	437,17	435,05	3,87	5,33	8,1/10
4	482,35	444,89	440,69	3,75	5,31	8,1/10
6	470,56	429,44	428,03	3,79	5,30	8,0/10
<i>Fortifiant – gluconatul de fier $\text{Fe}(\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COO})_2$</i>						
2	480,87	443,79	439,63	3,57	5,35	7,2/10
4	486,64	449,87	441,54	3,45	5,36	7,0/10
6	488,79	452,56	447,07	3,39	5,31	6,5/10
<i>Fortifiant – lactatul de fier $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$</i>						
2	469,78	432,69	429,37	3,91	5,29	8,2/10
4	471,46	434,48	430,96	3,89	5,28	8,2/10
6	478,31	439,72	437,07	3,83	5,26	8,0/10
<i>Fortifiant – fumaratul feros $\text{FeC}_2\text{H}_2(\text{COO})_2$</i>						
2	466,57	427,28	425,35	3,53	5,34	7,3/10
4	472,77	434,97	431,72	3,47	5,35	7,2/10
6	475,06	439,19	426,96	3,46	5,31	7,0/10

Deoarece conținutul de fier din fiecare dintre cei patru compuși ai fierului examinați este diferit, deci și cantitatea de fortifiant necesară pentru a atinge aceeași concentrație de fier în produs este diferită. Astfel, în cazul lactatului și a sulfatului se introduc practic aceleași cantități de fortifiant, în cazul gluconatului cantitatea de fortifiant este majorată aproape de două ori, iar în cazul fumaratului cantitatea de fortifiant adăugată este mai mică de aproape două ori (acest lucru este deosebit de important în condițiile fortificării unor cantități mari de produse, a făinurilor, spre exemplu).

Se constată că după 4 ore de digestie gastrointestinală *in vitro* cea mai mare parte a fierului din pâinea nefortificată nu se află în formă solubilă, adică acceptabilă pentru absorbție de către organism. Acest fapt se datorează, evident, prezenței antinutrienților din făina de grâu – a fitaților. În cazul pâinii fortificate, se constată o diferență esențială a solubilității fierului atât în funcție de natura fortifiantului, cât și de cantitatea administrată. Astfel, dacă considerăm disponibilitatea potențială a fierului din FeSO_4 ca fiind de 100% (la concentrația de fier administrat de 2 mg Fe/100 g produs), atunci conținutul de fier solubil, înregistrat în cazul gluconatului, constituie 87%, iar în cazul fumaratului – 85%. În cazul lactatului de fier se atestă un conținut mai înalt de fier solubil decât în pâinea fortificată cu sulfatul feros. Cercetările efectuate denotă că biodisponibilitatea relativă a fierului din fortifiantii examinați diminuează în ordinea lactat>sulfat>gluconat>fumarat de fier. Reieșind din prețul mai înalt al lactatului de fier față de sulfatul de fier, stabilitatea mai joasă a lactatului în comparație cu sulfatul, iar biodisponibilitatea lor – comparabilă, pentru cercetări a fost utilizat sulfatul de fier (II).

În scopul determinării raportului optimal de micronutrient administrat în pâine, a fost cercetată cinetica solubilizării fierului din pâine fortificată cu sulfat de Fe(II) pe parcursul digestiei gastrointestinale *in vitro* a pâinii. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 3.

Tabelul 3

**Dinamica solubilizării fierului din pâine suplimentată cu sulfat de fier
pe parcursul digestiei gastrointestinale *in vitro***

Supli- ment de Fe, mg / 100 g	Fe total, mg/100 g produs	Conținutul de fier solubil							
		t = 1oră*		t = 2 ore*		t = 3ore**		t = 4ore**	
		mg Fe / 100 g produs	% față de Fe total	mg Fe / 100 g produs	% față de Fe total	mg Fe / 100 g produs	% față de Fe total	mg Fe / 100 g produs	% față de Fe total
0	2,54± 0,26	0,054±0,002	2,13	0,135±0,011	5,32	0,157±0,017	6,17	0,198±0,009	7,78
2	4,52± 0,19	0,443±0,011	9,8	0,845±0,015	18,7	0,972±0,013	21,5	1,248±0,011	27,6
4	6,63±0,21	0,683±0,007	10,3	1,134±0,009	17,1	1,333±0,008	20,1	1,757±0,013	26,5
6	8,51±0,24	0,664±0,005	7,8	1,328±0,013	15,6	1,549±0,017	18,2	1,651±0,01	19,4

*pH=2 (HCl), pepsină, t=37°C; **pH=8,2, (NaHCO₃), tripsină, t=37°C.

Compararea procentului de fier solubil în funcție de concentrația fierului administrat denotă că biodisponibilitatea maximă este atestată pentru un adaos de 2-4 mg% fier/100 g produs. Analiza biodisponibilității potențiale a fierului în funcție de conținutul total de fier în pâine denotă că maximum de fier absorbit (27,6%) este înregistrat pentru adaosul de 2 mg% fier ($C_{Fe\ tot} = 4,52$ mg%) urmat de concentrația aditivului de 4 mg% fier (26,5% de fier total rămâne absorabil pentru $C_{Fe\ tot} = 6,62$ mg%). Aceste rezultate depășesc considerabil biodisponibilitatea fierului ce se conține în făină (7,78% fier total).

Concluzii

1. Atât fierul endogen, cât și cel exogen este legat chimic pe parcursul tratamentelor tehnologice de către fitații prezenți în făina de grâu.

2. În pâinea din făinuri de calitate superioară și I solubilitatea fierului în condițiile digestiei gastrointestinale (*in vitro*) este mai înaltă – 24-30%. Solubilitatea fierului din produse fabricate din făină de calitate II și integrală este mai redusă – 16-19%, deși conținutul endogen al fierului este mai înalt.

3. Biodisponibilitatea relativă a fierului din pâinea fortificată (*in vitro*) diminuează în ordinea utilizării fortifiantilor: lactat>sulfat>gluconat>fumarat de Fe(II). Reieșind din stabilitatea mai înaltă a sulfatului și prețul de cost mai redus, pentru fortificare a fost selectat sulfatul de fier heptaanhidru.

4. La concentrații mici ale fortifiantului (2-4 mg Fe/100 g produs) influența metodei de panificație asupra biodisponibilității potențiale a fierului este nesemnificativă. Fortifierea cu doze mai mari de micronutrient (6-8 mg Fe/100 g produs) necesită implicarea metodei bifazice de fermentare a aluatului, care asigură un conținut de fier solubil mai important decât la aplicarea procedurii monofazice.

Referințe:

1. Alimentația și nutriția umană în Republica Moldova, 2000, Constatări și recomandări, UNICEF. - 8 p.
2. Alimentația și nutriția umană în Republica Moldova, 2002, UNICEF. - 38 p.
3. Jennifer S., Kosse A.C., Young A.I. A rapid method for iron determination in fortified foods // Food Chemistry. - 2002. - No75. - P.371-376.
4. Haug W., Lantzsch H.J. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products // J. Sci. Food Agric. - 1983. - No34. - P.1423-1426.
5. Helrich K. (Ed.) Official Methods of Analysis, 15e edition, The Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, Virginia, 1990. - 1298 p.
6. Official Methods of Analysis (AOAS). 15th edition, 1990. Vol. I, II. Arlington, USA, 1990, p.1298.
7. Craig W.J. Iron status of vegetarians // Am. J. Clin. Nutr. - 1994. - No59 (suppl.). - 1233 p.

Rezultatele prezentate au fost obținute în urma lucrărilor în baza Proiectului „Alimente fortificate cu fier în scopul reducerii ratei de anemie feriprivă în Republica Moldova”, contractul nr.11/ind din 02.01.2007, cifrul 07.420.17 INDA încheiat cu Consiliul Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică al AȘM.

Prezentat la 03.03.2008