

ETUDE DE L'EFFICACITE DE FORTIFICATION DU PAIN EN CALCIUM

O. Deseatnicov

Université Technique de Moldova

INTRODUCTION

Une estimation de la situation nutritionnelle de l'UNICEF a permis de mettre en évidence des déficiences en nutriments pour la population de la République de Moldova [1]. Pour le calcium, dont l'importance en termes de prévention et de santé publique est primordiale, le niveau de couverture des besoins est de 40-50% pour les adultes et de 58-85% pour les enfants [2].

Le manque de calcium n'est pas seul responsable de cet état de chose, mais il y joue un rôle important. C'est une des raisons pour lesquelles on recommande d'élever l'apport en calcium [3,4].

Parmi les voies d'éradication des carences alimentaires l'enrichissement des aliments en nutriments déficitaires constitue la manière la moins coûteuse. La supplémentation des farines blanches en minéraux est bien admise dans plusieurs pays du monde. Mais l'action défavorable des fibres alimentaires sur l'utilisation des éléments minéraux constitue la principale, si non la seule raison, qui impose la recherche des procédés de panification assurant une meilleure biodisponibilité des constituants du pain [5].

Dans le cas des céréales, le principal coupable est l'acide phytique, dont l'effet d'insolubilisation des cations ayant une importance pratique en alimentation humaine est bien connu. Les phytates naturels sont plutôt des sels de K et Mg, qui sont solubles, mais qui peuvent être déplacés par les autres cations présents dans le régime, en particulier par Ca, Zn, Fe. Une mole d'acide phytique peut, par exemple, fixer de 3 à 6 moles de Ca; il forme alors des phytates insolubles au pH intestinal [6,7]. Grossièrement, en consommant 20-25 g de fibres par jour, on ingère environ 2 mmol d'acide phytique susceptible de chélater jusqu'à 10 mmoles de calcium, soit 400 mg, l'apport usuel des régimes pauvres en produits laitiers. Cela peut être atténué ou aggravé par d'autres éléments du régime : la richesse en calcium peut compenser largement la richesse en phytates; les protéines animales (viande, lait) pourraient atténuer les effets négatifs des phytates sur le calcium; la vitamine D pourrait indirectement protéger aux effets décalcifiants des phytates.

La biodisponibilité de calcium alimentaire est influencée et par la forme chimique de calcium qui peut se retrouver dans les aliments sous forme ionique et soluble (complexé avec des petites molécules) ou liée dans des composés insolubles. Les taux de calcium soluble et ionique sont des paramètres permettant d'étudier les interactions chimiques potentielles entre le calcium et les autres constituants et, en cela, une approche de la disponibilité réelle de calcium [8].

La valeur nutritionnelle du pain dépend essentiellement de la composition et des traitements technologiques qu'il subit. La digestibilité des protéines et la disponibilité des minéraux, aussi bien que les qualités organoleptiques du pain sont des critères de base, car le choix doit être fait en fonction de l'utilisation des produits finis.

1. PROCÉDURES EXPÉRIMENTALES

On a utilisé la méthode indirecte (bi phasique) de levage de pâte à pain. Lors du levage des prises d'essais pour l'analyse de calcium soluble et des phytates été prélevées. Pour évaluer l'influence de l'additif sur la fermentation panaire, on a déterminé le taux de l'alcool éthylique accumulé lors du levage de pâte à pain.

Pour l'étude on a utilisé le pain de farine de blé de production autochtone (STAS-26574-85) fabriqué conformément en présence d'additif (200; 300; 400; mg% Ca) et en absence.

Comme additif on a utilisé le gluconate de calcium qui a été incorporé à l'étape de fermentation de la pâte, par la méthode bi phasique.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

La biodisponibilité potentielle de calcium alimentaire est influencée par sa forme chimique. Le calcium peut se retrouver dans les aliments sous forme ionique et soluble (complexé par de petites molécules) ou liée dans des composés insolubles. Les taux de calcium soluble et ionique sont des paramètres permettant d'étudier les interactions chimiques potentielles entre le calcium et les autres constituants et par la même, une approche de la

disponibilité réelle de calcium. Dans le cas de pain, le principal coupable de la faible biodisponibilité des minéraux essentielles (Ca, Fe, Zn, Cu), est l'acide phytique [9].

Afin de mettre en évidence le pouvoir déminéralisante de l'acide phytique, lors de trempage de supplément de calcium (gluconate de calcium) avec la farine (10 g de farine + 100 ml H₂O distillée). Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Calcul des espèces chimiques phytate-xCa lors de trempage de la farine avec le gluconate de calcium**

C Ca total, mmol %	Ratio Ca total/Phyt total	C Ca libre, mmol %	C Phyt libre, mmol %	C Ca lié, mmol %	C Phyt lié, mmol %	Ratio Ca lié/Phyt lié
0.800**	1.02	0.0503	0.375	0.7497	0.408	1.84
1.800	2..30	0.0813	0.353	1.7187	0.430	4.00
2.825	3.61	0.1202	0.139	2.7048	0.644	4.20
3.800	4.85	0.1304	0.104	3.6037	0.679	5.13
4.825	6.16	0.1314	0.027	4.6936	0.756	6.24
5.800	7.41	1.209 ^a	0.029	4.5902	0.754	6.09

*C_{Phyt (tot)} = 0,783 mmol% ; durée de trempage-2h

**C_{Ca tot (farine)} = 0,800 mmol% ;

^aC_{Ca (éq)} = 0,174 mmol%

Phyt + Ca²⁺ ↔ Phyt × xCa (1)

On a constaté que la majeure partie du calcium naturellement présent dans la farine (32,03 mg% Ca) demeure insoluble au bout de 2h de trempage (93,7%). En même temps, 52% phytate présent dans la farine (517 mg%) étaient insolubles. En utilisant les données obtenus on a calculé le ratio Ca lié/Phyt lié que était rapproché à 2 (1,84). Ensuite, on a calculé la constante d'équilibre de la réaction (1) d'après l'équation (2), par le nombre de coordination x=2. On a constaté que l'équilibre de la réaction (1) est fortement déplacé vers les produits peu solubles et donc peu disponibles pour la digestion gastro-intestinale.

Par la même méthode, on a calculé le ratio Ca lié/Phyt lié pour la farine supplémentée par l'ajout de gluconate de calcium (dose de supplément-40÷200 mg% Ca).

On a constaté, que ce rapport est rapproché à 4 pour 40 et 80 mg% de calcium ; approché à 5 pour l'ajout de 120 mg% de calcium et à peu près 6 pour l'ajout de 160 et 200 mg%. La concentration d'équilibre de calcium est dépassée seulement pour la teneur de supplément 200mg% (C_{Ca éq}=0,174mmol%), tandis que la teneur réelle de calcium soluble mesurée constitue 1,2098 mmol%.

Pour une fortification plus efficace il fallait ajouter le supplément de calcium à l'étape de cuisson, où une partie considérable des phytates présents dans la matière première (farine) ont subi l'hydrolyse enzymatique, ce que diminue son pouvoir déminéralisant.

A cet égard, pour la préparation de pain enrichi en calcium, on a utilisé la méthode biphasique de panification, où le supplément de calcium (en forme de solution de gluconate de calcium) était ajouté à l'étape de pâte, avec les autres ingrédients présents dans la recette (sel de cuisine, farine). Dans ce cas, lors de fermentation de levain grâce à la présence de la phytase dans la farine, à laquelle s'ajoute l'activité de la levure, et aux conditions créées (température ~ 38°C, pH ~5), une partie considérable des phytates subissent l'hydrolyse.

On a préparé le pain enrichi en calcium, où la teneur totale en calcium variait de 73 à 232 mg%. Le pain fortifié, aussi bien que le témoin (32 mg% calcium), après avoir mesuré le volume spécifique et les propriétés organoleptiques (Tableau 2), fut séché jusqu'à une masse constante, moulu et portionné (10,0±0,2 g). Ensuite on a étudié la biodisponibilité potentielle de calcium dans des conditions imitant la digestion gastrique. Pour ça, les échantillons furent mélangés avec 100 ml de solution à pH=2 (le pH fut ajusté à l'aide d'une solution de HCl 0.1n), avec la ajout de 80 mg de pepsine [10].

Tableau 2. Caractéristique du pain enrichi en calcium

Supp le-ment mg% Ca	Masse de la pâte, g	Masse du pain après la cuisson, g	Masse du pain le lendemain, g	Volume spécifique, cm ³ /g	Appréciation organoleptique* (sur 10)
-	473	436	435	3,78	8,3/10
40	450	410	390	3,75	8,5/10
80	448	405	402	3,74	8,4/10
120	450	406	400	3,63	8,1/10
160	446	405	395	3,59	7,5/10
200	453	403	390	3,48	7,2/10

*Moyenne de 10 appréciations

Les caractéristiques du pain enrichi avec des faibles doses de calcium ne se distinguent pas essentiellement du pain non enrichi. Le volume spécifique du pain (40 et 80 mg% Ca) ne varie que très peu par rapport aux témoins, tandis que l'appréciation organoleptique fut légèrement supérieure. Les deux dernières concentrations influence plus le volume spécifique et les propriétés organoleptiques du pain.

Les données visant la solubilisation de calcium dans le pain sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Solubilisation du calcium dans le pain de farine de qualité supérieure.

Supplément Ca mg%	Ca total mg%	Ca libre							
		T=0.5h		T=1h		T=1.5h		T=2h	
		mg%	%Ca total	mg%	%Ca total	mg%	%Ca total	mg%	%Ca total
-	32.03 ± 1.78	1.76 ± 0.12	5.5	1.98 ± 0.21	6.2	1.96 ± 0.22	6.1	2.01 ± 0.19	6.3
40	72.81 ± 2.14	14.12 ± 0.21	19.2	18.90 ± 0.23	25.9	21.06 ± 0.19	29.2	19.93 ± 0.19	27.8
80	113.07 ± 3.14	23.85 ± 0.14	21.2	26.12 ± 0.23	23.0	27.49 ± 0.22	24.3	28.99 ± 0.22	25.7
120	152.89 ± 2.17	19.92 ± 0.17	13.2	25.69 ± 0.19	17.0	28.09 ± 0.2	18.4	33.12 ± 0.17	21.6
160	193.15 ± 2.23	22.96 ± 0.21	11.9	24.12 ± 0.33	12.4	31.15 ± 0.13	16.1	32.96 ± 0.31	17.1
200	232.14 ± 2.75	25.76 ± 0.13	11.2	30.08 ± 0.35	12.9	33.51 ± 0.17	14.4	34.23 ± 0.29	14.7

On constate que la solubilisation de calcium se la constante de stabilité est très élevée ($k_s = 7,5 \times 10^6$). produit continuellement lors de deux heures de digestion gastrique *in vitro* dans le cas du pain supplémenté, tandis que le calcium du pain non enrichi ne varie pas. Ce fait nous montre, que l'apport du calcium naturellement présent dans le pain, est presque nul.

L'analyse de la teneur de calcium soluble dans les conditions de la digestion gastrique en fonction de la concentration de l'additif de calcium ajouté atteste une augmentation considérable pour l'ajout de 40-80 mg%. En même temps on constate, que pour 120-200 mg% calcium le calcium soluble est presque invariable. Ce fait est relié probablement, avec la formation dans ces conditions des phytates hexa substitués de calcium, dont

En général, la biodisponibilité potentielle de calcium est bien évidente sur le figure 1.

On peut voir que l'efficacité maximale de calcium administré est obtenue pour des concentrations de calcium comprises entre 72 et 113 mg% ou plus que ¼ de calcium total peut être absorbé dans le régime. Pour les doses plus élevées de calcium administré l'efficacité est rendue inférieure, elle n'atteint que 15-17%. Il s'ensuit, que la fortification du pain blanc de blé doit être réalisée avec de faibles doses de supplément (40-80 mg% Ca), car aux concentrations plus élevées (160-200 mg% Ca) l'efficacité de supplementation est réduite.

De plus, ces doses (160-200 mg% Ca) influencent le volume spécifique et les propriétés organoleptiques du pain (Tableau 2).

CONCLUSIONS

1. On a étudié l'évolution de calcium soluble lors de trempage de supplément de calcium avec la farine. On a constaté, que la majeure partie de calcium, naturellement présent dans la farine ou administré demeure insoluble au bout de deux heures de trempage. Ensuite, les constantes thermodynamiques de stabilité des complexes Phytate-xCa, le nombre de coordination et la structure des composés chélates formés ont été calculés. L'énergie libre des réactions de chélation Ca-Phytate *, aussi que les valeurs importantes des

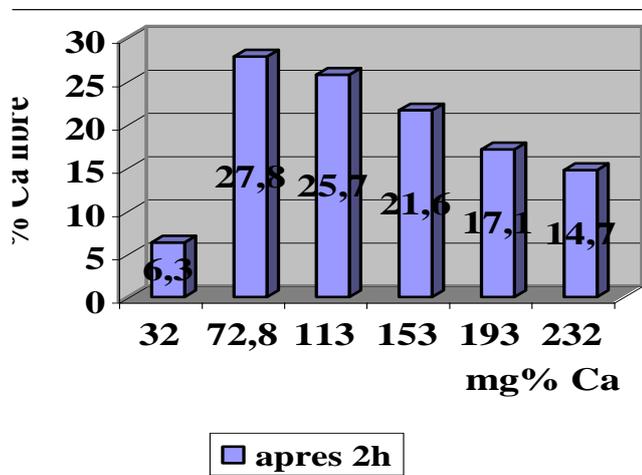


Figure 1. Evolution de calcium libre en fonction de la teneur totale de calcium.

constantes de stabilité ($4,3 \times 10^2$ - $7,5 \times 10^6$) dénotent une forte affinité des phytates vers le calcium.

2. Afin de diminuer le pouvoir déminéralisant des Phytates présents dans la farine de blé, on a préparé le pain fortifié en calcium par la méthode biphasique, où le supplément de calcium en forme de solution de gluconate de calcium fut ajouté à l'étape de pâte, avec les autres ingrédients, présents dans la recette. Les caractéristiques physiques du pain ** enrichie avec des faibles doses de calcium (40-80 mg% calcium) ne se distinguent pas essentiellement du témoin, tandis que l'administration des taux plus importantes (160-200 mg% calcium) abaisse légèrement ces caractéristiques.

3. La biodisponibilité potentielle de calcium *in vitro* dans des conditions imitant la digestion gastrique (pH=2, HCl, pepsine, t= (37±1) °C, τ=2h) fut mesurée. On a constaté, que la biodisponibilité de calcium dans le pain fortifié avec les taux de calcium 40-80 mg% constitue 20÷30 mg% calcium. Pour les taux plus élevés de calcium 120-200 mg% on atteste une variation non significative : 33-34 mg% calcium. Ce fait dénote, que l'efficacité de fortification du pain en calcium est plus élevé pour les faibles doses de calcium, car aux concentrations élevées le calcium est relié dans des composés Phytate- (Ca)₆, fortement stable.

2. **OMS/FAO.** *Conférence internationale sur la nutrition.* Rome: Le Sommet de Rome, 1992.

3. *Colloque internationale sur l'Ostéoporose (organisé par le Centre de recherche et d'Information Nutritionnelle - CERIN), Paris, le 21 mai, 1992.*

4. **Grimston S.K., Hanley D.A.** 1990. *La croissance et le développement des os: Le rôle du calcium.* Nutr.Act., 14, 14-22.

5. **Heaney R.P., Weaver C.M.** 1993. *Oxalate in vegetables, effect on calcium absorbability.* J.Bone Mineral Res. 8 (suppl), 333-337.

6. *Phytic acid: Chemistry and Applications.* Minneapolis, Pilotas Press, 1986, 344p

7. **De Vrese M., Scholz-Ahrens K., Barth C.A.** 1991. *Bioavailability of calcium.* Bull. IDF, 255, 33-42.

8. **Ranum P., Kulp K., Barrett F.** (1982). *Cereal fortification programs.* Proc.7th World Cereal and Bread Congress, Prague:1983. *Development in Food Science* 5B, 1055-1063.

9. **Guéguen L.** 1990. *La biodisponibilité du calcium des aliments.* Cah.Nutr.Diét. 25, 233-236.

10. **Hendrix P. Van Cauwenbergh, Robberecht H.J., Deelstra H.A.** (1995) : *Measurement of the daily dietary calcium and magnesium intake in Belgium, using duplicate portion sampling.* Z. Lebensm Unters Forsch.,201,213-217.

Bibliographie

1. *Starea de nutritie in Republica Moldova. Raport UNICEF 1996- 2000, pag. 38*

Recomandat spre publicare: 12.12.2005.