



DOSSIER NUTRITION:
ALIMENTATION À BASE VÉGÉTALE

COMPARAISON DE LA BIODISPONIBILITÉ DES VITAMINES ET DES MINÉRAUX DU LAIT ET DES BOISSONS VÉGÉTALES

Dr Katrin A. Kopf-Bolanz
Haute école des sciences agronomiques,
forestières et alimentaires HAFL
Länggasse 85, 3052 Zollikofen
katrin.kopf@bfh.ch

Zollikofen, janvier 2022

swissmilk

Le lait et les boissons végétales sont en général difficiles à comparer. Ils diffèrent en effet par leur origine, leurs teneurs en nutriments et même leur matrice, c'est-à-dire leurs autres composants. Les boissons à base de plantes présentent en outre des compositions nutritionnelles pouvant varier fortement de l'une à l'autre en raison de la grande diversité des sources végétales.

Pour étudier la biodisponibilité des vitamines et des minéraux, à savoir quelles quantités parviennent vraiment à l'endroit visé de l'organisme, il est nécessaire de prendre en compte des facteurs externes et internes. Les facteurs externes sont, par exemple, l'influence de la transformation ou les interactions des nutriments entre eux ou avec la matrice alimentaire. Quant aux facteurs internes, il peut s'agir d'une activité réduite des enzymes digestives ou d'une fonction de transport limitée.

Il est aussi important de faire la distinction entre les nutriments naturellement présents dans l'aliment et ceux qui y sont ajoutés. Il existe déjà quelques études sur la biodisponibilité des vitamines et des minéraux du lait, mais les informations sur les boissons à base de plantes sont plus rares. Le présent dossier donne un aperçu de l'état des connaissances dans ce domaine.



TABLE DES MATIÈRES

4	Biodisponibilité des composants du lait
5	Biodisponibilité des composants des boissons végétales
7	Conclusion
8	Bibliographie

Impressum

© swissmilk 2022

Éditeur: Producteurs Suisses de Lait PSL, swissmilk, Berne

Responsable de projet: Susann Wittenberg, BSc en écotrophologie, swissmilk

Traduction: Trait d'Union, Berne

Graphisme: Stefan Aebi, grafik & illustration, Toffen

Photos: swissmilk



BIODISPONIBILITÉ DES COMPOSANTS DU LAIT

Le lait de vache contient de nombreux minéraux et vitamines qui contribuent à l'approvisionnement en nutriments (Muehlhoff 2013). Il convient ici de considérer en particulier les vitamines B₁₂, B₅, B₂, K et D. S'agissant des minéraux, le lait comprend du calcium, du fer, du sélénium, du magnésium et du zinc.

La biodisponibilité du **calcium** issu du lait est d'environ 40 % (Heaney et al. 1989). La vitamine D joue un rôle important dans la régulation du calcium et améliore sa résorption. Le lait contient naturellement de la vitamine D; toutefois, une supplémentation augmente encore la biodisponibilité du calcium, car elle permet notamment de réguler le transport de la vitamine D (Kaushik et al. 2014; Peng et al. 1999).

La biodisponibilité du **magnésium** lactique (10 mg/100 ml) atteint 75 % environ (Ekmekcioglu 2000). Certains peptides de la fraction caséique du lait peuvent également lier le magnésium, le calcium, le fer et le zinc, et potentiellement renforcer leur absorption (Vegarud et al. 2000). Il existe en outre des indications montrant que le lactose peut augmenter les taux d'absorption du magnésium et du calcium (Brink et al. 1992).

Il est admis que la biodisponibilité du **zinc** issu du lait atteint 25-30 % environ. Il a même été montré que l'ajout de lait augmente la biodisponibilité du zinc présent dans le riz, qui est riche en phytates (Talsma et al. 2017).

L'**iode** lactique possède une biodisponibilité élevée de 90 % (van der Reijden et al. 2019). Il est démontré que la matrice du lait a un effet favorable sur la biodisponibilité des minéraux précités.

La biodisponibilité de la **vitamine A** issue du lait se situe à environ 15 % (Herrero et al. 2002), celle de la **vitamine B₂** (riboflavine) à environ 67 % (Dainty et al. 2007) et celle de la **vitamine B₁₂** à environ 65 % (Russell et al. 2001). Une étude menée sur des animaux a montré que la vitamine B₁₂ du lait présente une biodisponibilité plus élevée que celle de la cyanocobalamine synthétique, la forme de la vitamine B₁₂ utilisée en supplémentation. Toutefois, la valeur de biodisponibilité de la vitamine B₁₂ du lait en combinaison avec un repas mixte n'est que de 8-10 % (Matte et al. 2012).

La biodisponibilité de la **vitamine K** – présente dans le lait sous forme de ménaquinone (vitamine K₂) – est plus élevée que celle des aliments végétaux, présente sous forme de phylloquinone (vitamine K₁). Il n'existe toutefois pas d'informations sur la biodisponibilité exacte de la vitamine K du lait (Gijsbers et al. 1996).



BIODISPONIBILITÉ DES COMPOSANTS DES BOISSONS VÉGÉTALES

Les boissons végétales contiennent aussi d'importantes vitamines et minéraux. Toutefois, leurs teneurs en calcium, en vitamine D et en vitamine B₁₂ sont plus basses, voire inexistantes, et sont souvent ajustées à celles du lait par supplémentation. Il convient donc de considérer séparément la biodisponibilité des nutriments ajoutés et celle de sources naturelles.

Le **calcium**, pour lequel le lait est particulièrement apprécié, est le meilleur exemple. Il est présent en faibles quantités dans les boissons végétales, lesquelles sont donc souvent enrichies. Par comparaison avec le calcium naturellement présent dans le lait, la biodisponibilité du calcium ajouté sous forme de phosphate tricalcique dans une **boisson au soja** est inférieure de 25 % environ (Heaney et al. 2000). La teneur en acide phytique, en tanins et en fibres alimentaires est corrélée négativement avec la quantité de calcium absorbable (Ghavidel et Prakash 2007). L'ajout de fibres entraîne une baisse de la biodisponibilité calcique dans les repas mixtes (Ismail-Beigi et al. 1977). L'oxalate présent dans les **boissons aux amandes** peut aussi abaisser la biodisponibilité du calcium (Ellis et Lieb 2015).

D'une manière générale, les différentes formes de calcium utilisées pour enrichir les boissons présentent des degrés divers de biodisponibilité (Heaney et al. 2005). Il a été montré que l'absorption du calcium (ajouté comme un mélange de différentes formes) et du magnésium d'une **boisson au soja** était réduite (Brink et al. 1992). La raison en était la présence d'acide phytique, qui peut lier les cations bivalents comme le zinc, le magnésium et le fer et réduire leur biodisponibilité (SANDBERG et al. 1989). De même, l'algue rouge marine *Lithothamnium calcareum* (32 % de calcium et 1,6 % de magnésium) souvent utilisée présente une biodisponibilité inférieure (González-Vega et al. 2015; González-Vega et al. 2014). Une supplémentation avec du carbonate de calcium entraîne une meilleure biodisponibilité que le phosphate tricalcique, et est comparable avec celle du calcium du lait (Zhao et

al. 2005). S'agissant des boissons végétales, il faut aussi prendre en compte le fait que de nombreux suppléments de calcium présentent une solubilité plutôt mauvaise, ce qui peut entraîner la formation d'un dépôt. Ce dernier ne dépend pas de la source de calcium et ne peut souvent pas être dissout complètement, même en secouant bien le récipient (Heaney et Rafferty 2006). Le rapport calcium-phosphate joue également un rôle dans la biodisponibilité du calcium. Si ce rapport est supérieur à 1:2 ou 2:1, du phosphate de calcium insoluble peut se former, ce qui abaisse la biodisponibilité du calcium (Dubey et Patel 2018).

En outre, l'acide phytique présent peut aussi lier d'autres cations bivalents comme le fer et le zinc et réduire leur absorption. Un rapport molaire acide phytique/minéraux inférieur à 0,4 semble ne pas trop entraver la biodisponibilité (c'est le cas pour le fer en-dessous de 0,2) (Hurrell 2004). Les polyphénols peuvent également réduire la biodisponibilité du fer de source végétale (Gibson et al. 2006). Par ailleurs, le magnésium et le fer sont concurrents pour la même protéine de transport et peuvent s'inhiber l'un l'autre (Lynch 2000).

Une récente étude brésilienne sur la biodisponibilité des minéraux après digestion in vitro de différentes boissons à base de plantes a montré que les boissons non enrichies présentent une biodisponibilité calcique inférieure à celle du lait. En revanche, les boissons enrichies en calcium présentaient une biodisponibilité similaire, voire parfois plus élevée que celle du lait pour les boissons faisant l'objet de l'étude. De même, la biodisponibilité du fer et du zinc était parfois supérieure à celle du lait de vache dans ces mêmes boissons (Silva et al. 2020).



Les **boissons à base de noix de coco** présentent des quantités plus élevées de fer, de calcium, de potassium, de magnésium et de zinc, ainsi que de la vitamine C et E (Seow et Gwee 1997). Dans ce cas, la vitamine C peut renforcer la biodisponibilité du fer et le calcium peut gêner son absorption par effet de concurrence (Hurrell et Egli 2010). Cela peut aussi concerner les **boissons à base de riz**, qui contiennent du calcium, du magnésium, du fer, de la vitamine A et de la vitamine E (Verduci et al. 2019).

Les **boissons à base de soja** non enrichies ne contiennent que de faibles quantités de vitamine D (Vitoria 2017) et pas du tout de vitamine B₁₂, mais ces deux nutriments y sont souvent ajoutés (Verduci et al. 2019).

Les **boissons aux amandes** présentent une teneur plus élevée en magnésium. En outre, la teneur en vitamine E, qui se présente sous forme d'alpha-tocophérol, est très positive. Sa biodisponibilité peut varier fortement entre 10 et 79 % en fonction de la composition des repas ou des aliments (Borel et al. 2013). La teneur en matière grasse est corrélée positivement avec la biodisponibilité des vitamines liposolubles (Yeum et Russell 2002).

Les **boissons à base d'avoine** manquent de calcium et contiennent en outre de l'acide phytique et de grandes quantités de fibres réduisant la biodisponibilité des minéraux (Verduci et al. 2019).

Il faut également prendre en considération le fait que la forte transformation des boissons végétales, au moyen de processus comme la floculation, le blanchiment, le broyage à chaud et le traitement UHT, peut entraîner des pertes de vitamines (Sethi et al. 2016), mais parallèlement aussi une réduction des substances antinutritionnelles.



CONCLUSION

En résumé, on constate que la matrice du lait favorise en partie la biodisponibilité des vitamines et des minéraux. S'agissant des boissons végétales, les processus de forte transformation peuvent entraîner des pertes de nutriments et la biodisponibilité des minéraux peut être diminuée par les substances antinutritionnelles qu'elles contiennent. Les dérivés des vitamines et des minéraux utilisés pour enrichir les boissons végétales devraient présenter une biodisponibilité élevée. D'autres études sont encore nécessaires sur le sujet pour confirmer ces résultats et découvrir de nouvelles corrélations.



BIBLIOGRAPHIE

- Borel, Patrick; Preveraud, Damien; Desmarchelier, Charles (2013): Bioavailability of vitamin E in humans: an update. In: *Nutrition reviews* 71 (6), S. 319–331. DOI: 10.1111/nure.12026.
- Brink, E. J.; Dekker, P. R.; van Beresteijn, E. C.; Beynen, A. C. (1992): Bioavailability of magnesium and calcium from cow's milk and soya-bean beverage in rats. In: *The British journal of nutrition* 68 (1), S. 271–282. DOI: 10.1079/bjn19920084.
- Dainty, Jack R.; Bullock, Natalie R.; Hart, Dave J.; Hewson, Alan T.; Turner, Rufus; Finglas, Paul M.; Powers, Hilary J. (2007): Quantification of the bioavailability of riboflavin from foods by use of stable-isotope labels and kinetic modeling. In: *Am J Clin Nutr* 85 (6), S. 1557–1564. DOI: 10.1093/ajcn/85.6.1557.
- Dubey, Mahendrakumar R.; Patel, Vipul P. (2018): Probiotics: A Promising Tool for Calcium Absorption. In: *TO-NUTRJ* 12 (1), S. 59–69. DOI: 10.2174/1874288201812010059.
- Ekmekcioglu, C. (2000): Intestinal bioavailability of minerals and trace elements from milk and beverages in humans. In: *Nahrung* 44 (6), S. 390–397. DOI: 10.1002/1521-3803(20001201)44:6<390::AID-FOOD390>3.0.CO;2-Y.
- Ellis, Demetrius; Lieb, Jessica (2015): Hyperoxaluria and Genitourinary Disorders in Children Ingesting Almond Milk Products. In: *The Journal of pediatrics* 167 (5), S. 1155–1158. DOI: 10.1016/j.jpeds.2015.08.029.
- Ghavidel, Reihaneh Ahmadzadeh; Prakash, Jamuna (2007): The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. In: *LWT – Food Science and Technology* 40 (7), S. 1292–1299. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.08.002.
- Gibson, Rosalind S.; Perlas, Leah; Hotz, Christine (2006): Improving the bioavailability of nutrients in plant foods at the household level. In: *Proc. Nutr. Soc.* 65 (2), S. 160–168. DOI: 10.1079/pns2006489.
- Gijsbers, B. L.; Jie, K. S.; Vermeer, C. (1996): Effect of food composition on vitamin K absorption in human volunteers. In: *The British journal of nutrition* 76 (2), S. 223–229. DOI: 10.1079/bjn19960027.
- González-Vega, J. C.; Walk, C. L.; Stein, H. H. (2015): Effects of microbial phytase on apparent and standardized total tract digestibility of calcium in calcium supplements fed to growing pigs. In: *Journal of animal science* 93 (5), S. 2255–2264. DOI: 10.2527/jas.2014-8215.
- González-Vega, J. Caroline; Walk, Carrie L.; Liu, Yanhong; Stein, Hans H. (2014): The site of net absorption of Ca from the intestinal tract of growing pigs and effect of phytic acid, Ca level and Ca source on Ca digestibility. In: *Archives of animal nutrition* 68 (2), S. 126–142. DOI: 10.1080/1745039X.2014.892249.
- Heaney, R. P.; Dowell, M. S.; Rafferty, K.; Bierman, J. (2000): Bioavailability of the calcium in fortified soy imitation milk, with some observations on method. In: *Am J Clin Nutr* 71 (5), S. 1166–1169. DOI: 10.1093/ajcn/71.5.1166.
- Heaney, R. P.; Recker, R. R.; Stegman, M. R.; Moy, A. J. (1989): Calcium absorption in women: relationships to calcium intake, estrogen status, and age. In: *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research* 4 (4), S. 469–475. DOI: 10.1002/jbmr.5650040404.
- Heaney, Robert P.; Rafferty, Karen (2006): The settling problem in calcium-fortified soybean drinks. In: *Journal of the American Dietetic Association* 106 (11), 1753; author reply 1755. DOI: 10.1016/j.jada.2006.08.008.
- Heaney, Robert P.; Rafferty, Karen; Dowell, M. Susan; Bierman, June (2005): Calcium fortification systems differ in bioavailability. In: *Journal of the American Dietetic Association* 105 (5), S. 807–809. DOI: 10.1016/j.jada.2005.02.012.
- Herrero, C.; Granado, F.; Blanco, I.; Olmedilla, B. (2002): Vitamin A and E content in dairy products: their contribution to the recommended dietary allowances (RDA) for elderly people. In: *The journal of nutrition, health & aging* 6 (1), S. 57–59.
- Hurrell, Richard; Egli, Ines (2010): Iron bioavailability and dietary reference values. In: *Am J Clin Nutr* 91 (5), 1461S–1467S. DOI: 10.3945/ajcn.2010.28674F.

- Hurrell, Richard F. (2004): Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. In: International journal for vitamin and nutrition research. Internationale Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung. Journal international de vitaminologie et de nutrition 74 (6), S. 445–452. DOI: 10.1024/0300-9831.74.6.445.
- Ismail-Beigi, F.; Reinhold, J. G.; Faraji, B.; Abadi, P. (1977): Effects of cellulose added to diets of low and high fiber content upon the metabolism of calcium, magnesium, zinc and phosphorus by man. In: The Journal of nutrition 107 (4), S. 510–518. DOI: 10.1093/jn/107.4.510.
- Kaushik, Ravinder; Sachdeva, Bhawana; Arora, Sumit; Kapila, Suman; Wadhwa, Balbir Kaur (2014): Bioavailability of vitamin D₂ and calcium from fortified milk. In: Food Chemistry 147, S. 307–311. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.09.150.
- Lynch, S. R. (2000): The effect of calcium on iron absorption. In: Nutrition research reviews 13 (2), S. 141–158. DOI: 10.1079/095442200108729043.
- Matte, J. Jacques; Guay, Frédéric; Girard, Christiane L. (2012): Bioavailability of vitamin B₁₂ in cows' milk. In: The British journal of nutrition 107 (1), S. 61–66. DOI: 10.1017/S0007114511002364.
- Muehlhoff, Ellen (2013): Milk and dairy products in human nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO.
- Peng, J. B.; Chen, X. Z.; Berger, U. V.; Vassilev, P. M.; Tsukaguchi, H.; Brown, E. M.; Hediger, M. A. (1999): Molecular cloning and characterization of a channel-like transporter mediating intestinal calcium absorption. In: The Journal of biological chemistry 274 (32), S. 22739–22746. DOI: 10.1074/jbc.274.32.22739.
- Russell, R. M.; Baik, H.; Kehayias, J. J. (2001): Older men and women efficiently absorb vitamin B-12 from milk and fortified bread. In: The Journal of nutrition 131 (2), S. 291–293. DOI: 10.1093/jn/131.2.291.
- Sandberg, A.-S.; Carlsson, N.-G.; Svanberg, U. (1989): Effects of Inositol Tri-, Tetra-, Penta-, and Hexaphosphates on In Vitro Estimation of Iron Availability. In: J Food Science 54 (1), S. 159–161. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1989.tb08591.x.
- Seow, Chee C.; Gwee, Choon N. (1997): Coconut milk: chemistry and technology. In: International Journal of Food Science & Technology 32 (3), S. 189–201. DOI: 10.1046/j.1365-2621.1997.00400.x.
- Sethi, Swati; Tyagi, S. K.; Anurag, Rahul K. (2016): Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. In: Journal of food science and technology 53 (9), S. 3408–3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3.
- Silva, Joyce Grazielle Siqueira; Rebellato, Ana Paula; Caramês, Elem Tamirys Dos Santos; Greiner, Ralf; Pallone, Juliana Azevedo Lima (2020): In vitro digestion effect on mineral bioaccessibility and antioxidant bioactive compounds of plant-based beverages. In: Food research international (Ottawa, Ont.) 130, S. 108993. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.108993.
- Talsma, Elise F.; Moretti, Diego; Ly, Sou Chheng; Dekkers, Renske; van den Heuvel, Ellen Ghm; Fitri, Aditia et al. (2017): Zinc Absorption from Milk Is Affected by Dilution but Not by Thermal Processing, and Milk Enhances Absorption of Zinc from High-Phytate Rice in Young Dutch Women. In: The Journal of nutrition 147 (6), S. 1086–1093. DOI: 10.3945/jn.116.244426.
- van der Reijden, Olivia L.; Galetti, Valeria; Bürki, Sarah; Zeder, Christophe; Krzystek, Adam; Haldimann, Max et al. (2019): Iodine bioavailability from cow milk: a randomized, crossover balance study in healthy iodine-replete adults. In: Am J Clin Nutr 110 (1), S. 102–110. DOI: 10.1093/ajcn/nqz092.
- Vegarud, G. E.; Langsrud, T.; Svenning, C. (2000): Mineral-binding milk proteins and peptides; occurrence, biochemical and technological characteristics. In: The British journal of nutrition 84 Suppl 1, S91–8. DOI: 10.1017/s0007114500002300.



Verduci, Elvira; D'Elios, Sofia; Cerrato, Lucia; Comberiati, Pasquale; Calvani, Mauro; Palazzo, Samuele et al. (2019): Cow's Milk Substitutes for Children: Nutritional Aspects of Milk from Different Mammalian Species, Special Formula and Plant-Based Beverages. In: *Nutrients* 11 (8). DOI: 10.3390/nu11081739.

Vitoria, Isidro (2017): Limitaciones nutricionales de las bebidas vegetales en la lactancia y la infancia. In: *Nutr Hosp* 34 (5), S. 1205–1214. DOI: 10.20960/nh.931.

Yeum, Kyung-Jin; Russell, Robert M. (2002): Carotenoid bioavailability and bioconversion. In: *Annual review of nutrition* 22, S. 483–504. DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.010402.102834.

Zhao, Yongdong; Martin, Berdine R.; Weaver, Connie M. (2005): Calcium bioavailability of calcium carbonate fortified soymilk is equivalent to cow's milk in young women. In: *The Journal of nutrition* 135 (10), S. 2379–2382. DOI: 10.1093/jn/135.10.2379.



Producteurs Suisses de Lait PSL
swissmilk
Santé & saveur

Weststrasse 10
CH-3000 Berne 6

+41 31 359 57 28
marketing@swissmilk.ch
www.swissmilk.ch

© swissmilk 2021

Suisse. Naturellement.

