

**ARCHIV
MOSES
41728**

IDRC-265f

Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe:

une technologie
à la portée des ménages

Compte rendu d'un atelier
tenu à Nairobi, Kenya
du 12 au 16 octobre 1987

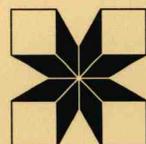
Actes



unicef



CRDI



CANADA

Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en développement; il concentre son activité dans six secteurs: agriculture, alimentation et nutrition; information; santé; sciences sociales; sciences de la terre et du génie; communications. Le CRDI est financé entièrement par le Parlement canadien, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Établi à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

This publication is also available in English.

41728

IDRC-265f

Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe:

une technologie
à la portée des ménages

Compte rendu d'un atelier
tenu à Nairobi, Kenya
du 12 au 16 octobre 1987

Rédacteurs: D. Alnwick, S. Moses
et O.G. Schmidt



Sous les auspices du
Centre de recherches pour le développement international,
du Fonds des Nations-Unies pour l'enfance
et de l'Agence de développement international de Suède



ARCHIV
Mose.
no. LF

Titre original de l'ouvrage: *Improving Young Child Feeding in Eastern and Southern Africa — Household-Level Food Technology. Proceedings of a workshop held in Nairobi, Kenya, 12-16 October 1987*

© International Development Research Centre 1988

© Centre de recherches pour le développement international 1989

Adresse postale: BP 8500, Ottawa (Ontario) Canada K1G 3H9

Alnwick, D.

Moses, S.

Schmidt, O.G.

CRDI. Bureau régional pour l'Afrique orientale et australe Nairobi, KE

UNICEF, New York, NY US

Office suédois d'aide au développement international Stockholm, SE

IDRC-265f

Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe: une technologie à la portée des ménages; compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987. Ottawa, Ont., CRDI, 1989. xxii + 430 p. : ill. (Actes / CRDI)

/Alimentation/, /aliments de sevrage/, /technologie alimentaire/, /ménage/, /Afrique orientale/, /Afrique australe/ — /régime alimentaire/, /valeur nutritive/, /malnutrition/, /préparation des aliments/, /hygiène alimentaire/, /allaitement naturel/, /fermentation/, /céréales/, /rapports de réunion/, /recommandations/.

CDU: 613.22(6)

ISBN: 0-88936-518-0

Traduction: Bureau des traductions, Secrétariat d'État

Révision: Marie Saumure

Édition microfiche offerte sur demande

Les opinions émises dans ce texte sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles des organismes commanditaires. La mention d'une marque déposée ne constitue pas une sanction du produit; elle ne sert qu'à informer le lecteur.



Résumé

Le sevrage, c'est-à-dire la période où l'on commence à donner des aliments solides à un jeune enfant en complément du lait maternel, présente de graves risques nutritionnels pour les enfants des pays en développement. Dès la fin de leur deuxième année, le tiers des enfants en Afrique orientale et australe souffrent de malnutrition chronique. Les facteurs suivants contribuent au retard de croissance que l'on observe couramment chez les enfants en âge d'être sevrés : carence nutritionnelle, forte prévalence des maladies diarrhéiques (qui s'expliquent souvent par la contamination des aliments de sevrage) et récente diminution de la durée et de l'intensité de l'allaitement maternel.

Des spécialistes des sciences de l'alimentation, des nutritionnistes et des planificateurs de la santé travaillant en Afrique et en Asie du Sud se sont réunis dans le cadre d'un atelier international afin d'examiner des techniques alimentaires applicables au niveau des ménages qui semblent prometteuses pour améliorer la nutrition des nourrissons et des jeunes enfants. Après avoir examiné les connaissances actuelles en matière d'allaitement maternel et de pratiques de sevrage en Afrique orientale et australe, les participants ont discuté de l'utilisation, au cours du sevrage, d'aliments fermentés et de farine germée, tant pour améliorer l'apport nutritionnel chez les jeunes enfants que pour diminuer les risques de contamination des aliments. Ils ont également discuté des recherches qu'il y aurait lieu d'entreprendre sur l'efficacité des techniques alimentaires et sur leur diffusion dans la collectivité.

Cette publication fait le compte rendu des discussions de l'atelier et présente ses conclusions et recommandations. Elle s'adresse aux scientifiques et aux planificateurs de la santé qui participent à des recherches en matière de nutrition et à l'élaboration de programmes visant à améliorer l'alimentation des nourrissons et des jeunes enfants dans les pays en développement.

Abstract

The weaning period, that is the period in a young child's life when supplementary foods are introduced to complement breast milk, poses great nutritional risk to children in developing countries. By the end of the second year of life, one-third of children in eastern and southern Africa are chronically malnourished. The following factors contribute to the growth faltering commonly observed in weaning-age children: low nutrient intake, high incidence of diarrhoeal disease (often caused by contaminated weaning foods), and recent declines in duration and intensity of breastfeeding.

Food scientists, nutritionists, and health planners working in Africa and South Asia met in an international workshop to examine household-level food technologies that hold promise for improving nutrition of infants and young children. After reviewing current knowledge of breastfeeding and weaning practices in eastern and southern Africa, participants discussed the use in weaning diets of fermented foods and germinated flour, for both improved nutrient intake by young children and decreased risk of food contamination. Research that should be conducted into the effectiveness of the food technology was identified and its diffusion at the community level discussed.

This publication contains the proceedings, conclusions, and recommendations of the workshop. It is directed at scientists and health planners who are involved in nutrition research and developing programs to improve feeding of infants and young children in developing countries.

Resumen

El período de destete, es decir, aquel período en la vida de un niño en que se introducen en su dieta alimentos suplementarios para complementar la leche materna, representa un gran riesgo nutricional para los niños de países en vías de desarrollo. Hacia el final de su segundo año de vida, un tercio de los niños en Africa oriental y del sur muestran señales de malnutrición crónica. Los siguientes factores contribuyen al crecimiento vacilante que se observa comúnmente en los niños que se encuentran en edad de dejar la lactancia materna: baja ingestión de nutrientes, alta incidencia de diarrea (a menudo causada por alimentos para el destete contaminados), y nuevas disminuciones en la duración e intensidad de la alimentación proveniente del pecho de la madre.

Científicos del campo de los alimentos, especialistas en nutrición y planificadores de la salud que trabajan en Africa y en el Sur de Asia se reunieron en un taller internacional para examinar las tecnologías de alimentos que se utilizan en el hogar y que prometen buenos resultados en el mejoramiento de la nutrición de lactantes y niños pequeños. Después de analizar el conocimiento que existe actualmente sobre la alimentación recibida a través del pecho de la madre y las prácticas que se utilizan para el destete en el oriente y sur de Africa, los participantes discutieron el uso en dietas para el destete de alimentos fermentados y harina germinada para que los niños pudan ingerir nutrientes mejorados y haya una disminución en el riesgo causado por la contaminación de los alimentos. Se identificó la investigación que se debe realizar sobre la efectividad de las tecnologías de alimentos y se discutió su difusión en el seno de la comunidad.

Esta publicación contiene las actas, conclusiones y recomendaciones del taller. Está dirigida a científicos y planificadores de la salud que participan en la investigación nutricional y en programas de desarrollo para mejorar la alimentación de lactantes y niños en los países en desarrollo.

Table des matières

Préface	viii
Avant-propos	ix
Remerciements	xi
Résumé des communications	xii
Séance I — Comment améliorer l'alimentation de l'enfant	1
Avons-nous aujourd'hui des solutions véritables au problème de la malnutrition des jeunes enfants? T. Greiner	2
L'allaitement maternel, ressource alimentaire négligée pour le sevrage J. Bradley, S. Baldwin et H. Armstrong	8
Les problèmes associés aux suppléments alimentaires T. Greiner	39
Le sorgho et le millet en Afrique orientale et leur utilisation comme aliments de sevrage M. Seenappa	44
La prestation d'aliments de sevrage dans le cas des réfugiés M.K. Serdula, N.J. Binkin, P. Nieburg et A. Berry	62
Résumé des discussions	73
Séance II — Pratiques de sevrage et procédés de changement	77
Les pratiques traditionnelles de sevrage en Éthiopie G. Abate et C. Yohannes	78
Les aliments de sevrage au Kenya: traditions et tendances R. Oniang'o et D.J. Alnwick	85
Le conditionnement des denrées alimentaires en Ouganda en ce qui a trait à l'alimentation des nourrissons L. Sserunjogi	91
Les produits de sevrage au Rwanda et les possibilités du sorgho germé M. Ramakavelo	102
Observations sur la croissance et le sevrage des enfants au Zimbabwe J.R. Mutamba	110

L'usage des produits fermentés dans l'alimentation des enfants au Botswana C. Mokwena	115
Les modes de sevrage au Swaziland et le marketing social en vue du changement J.M. Aphane et L.K. Nilsson	119
Une méthode visant à améliorer les pratiques de sevrage au Mozambique A. Lechtig et A. Srivastava	129
Le marketing social pour la réintroduction des produits de sevrage traditionnels L. Hendrata	146
Résumé des discussions	150
Séance III — Les produits fermentés dans l'alimentation de l'enfant	155
L'emploi des produits fermentés pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique australe et orientale A. Tomkins, D. Alnwick et P. Haggerty	156
L'«uji» fermenté — un excellent aliment de sevrage S.K. Mbugua	193
La fermentation du «mahewu» à base de maïs A.D. Ayabo et M.P. Mutasa	200
La consommation de produits de sevrage à base de céréales fermentées dans l'État de Kwara, Nigeria K.H. Brown, K.L. Dickin, M.E. Bentley, G.A. Oni, V.T. Obasaju, S.A. Esrey, S. Mebrahtu, I. Alade et R.Y. Stallings	208
La fermentation des produits de sevrage à base de céréales et de légumineuses M.M. Keregero et R.L.N. Kurwijila	228
La réduction du volume des aliments de sevrage à base de manioc par la fermentation N.L.V. Mlingi	239
Les produits à base de manioc fermenté en Tanzanie M. Hakimjee et S. Lindgren	252
Résumé des discussions	261
Séance IV — Contamination des aliments et fermentation lactique	267
La salubrité des produits de sevrage à Kiambu, au Kenya A.M. Pertet, E. Van Praag, S.N. Kinoti et P. Waiyaki	268

La contamination fécale des aliments de sevrage au Zimbabwe C. Simango	275
La composition et la sécurité microbiologique des produits de sevrage à base de céréales M.J.R. Nout, J.G.A.J. Hautvast, F. van der Haar, W.E.W. Marks et F.M. Rombouts	280
Les propriétés bactériologiques des bouillies sures traditionnelles du Lesotho A.L. Sakoane et A. Walsh	298
Résumé des discussions	304
Séance V — Expériences de l'Afrique orientale et de l'Asie	309
Le gros volume alimentaire des produits de sevrage et son effet sur l'apport énergétique et nutritionnel U. Svanberg	310
Les produits de sevrage à forte teneur nutritive faits de céréales germées A.C. Mosha et W.S.M. Lorri	327
Les modes d'alimentation des enfants en Tanzanie : fréquence des repas et volume alimentaire Zohra Lukmanji, Bjorn Ljungqvist, Fred Hedqvist et Charles Elisonguo	341
L'effet de la consistance des aliments sur l'apport nutritif chez les jeunes enfants R.P. Kingamkono	354
La mise au point d'aliments de sevrage de haute valeur calorique et de faible volume en Zambie F. Luhila et P. Chipulu	365
La réduction du volume des gruaux de sevrage traditionnels en Inde T. Gopaldas, P. Mehta et C. John	375
Les produits de sevrage maltés en Inde N.G. Malleshi et B.L. Amla	386
Les aliments de sevrage au Népal Y. Vaidya	395
La teneur en cyanure des céréales germées et l'effet des techniques de conditionnement L.O. Dada et D.A.V. Dendy	407
L'absorption ferrique améliorée des produits de sevrage grâce à la germination et à la fermentation U. Svanberg et A.S. Sandberg	415
Résumé des discussions	424
Liste des participants	427

L'absorption ferrique améliorée des produits de sevrage grâce à la germination et à la fermentation¹

Ulf Svanberg et Anne-Sofie Sandberg

Department of Food Science, Chalmers University of Technology
Box 5401, S-40229, Göteborg, Suède

Résumé En Tanzanie et dans la plupart des pays en développement, l'anémie est le problème de santé le plus courant après la malnutrition. Bien que la malaria soit un important facteur causal, il semble qu'en Tanzanie, l'anémie ferriprive soit le type le plus courant d'anémie. Toutefois, en dépit de nettes indications de sa prévalence, la plupart des enquêtes diététiques ont conclu que l'apport ferrique est, en règle générale, satisfaisant. Il semble donc clair que le facteur le plus important est la biodisponibilité du fer. Les denrées de base de la Tanzanie contiennent des facteurs comme l'acide phytique et les tanins, qui inhibent fortement cette biodisponibilité du fer. En utilisant des techniques traditionnelles familiales comme la fermentation et la germination, ainsi que le trempage, il serait possible de réduire l'effet de ces inhibiteurs. Pour mesurer l'absorption du fer à partir des régimes de sevrage, nous avons mis au point une technique in vitro rapide et simple; tout en offrant des résultats comparables à ceux obtenus dans les études sur les êtres humains, cette technique est moins difficile et moins coûteuse. Nous avons mesuré la quantité de fer assimilable dans diverses denrées de base qui ont été transformées au moyen de la germination ou de la fermentation. Nous avons constaté que les deux procédés, lorsqu'ils sont combinés avec une méthode de préparation et de cuisson modifiée, pourraient donner une quantité de fer assimilable deux à six fois plus élevée qu'avec les denrées de base non traitées. Ce procédé met en jeu l'action d'enzymes qui réduisent considérablement la quantité d'acide phytique dans les denrées et augmentent ainsi l'absorption ferrique. Le présent document souligne l'importance de cette découverte pour la mise au point d'une approche pratique au niveau familial permettant de réduire l'anémie.

En Tanzanie et dans la plupart des pays en développement, l'anémie est le problème de santé le plus courant après la malnutrition. À des fins pratiques, l'anémie est considérée comme une condition caractérisée par une concentration d'hémoglobine inférieure à celle d'une valeur arbitrairement choisie;

¹ Les études ont été réalisées en collaboration avec le Tanzania Food and Nutrition Centre (TFNC), grâce au financement de la Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries.

toutefois, il est reconnu qu'en raison d'un chevauchement entre les valeurs normales et les valeurs anémiques dans une population, une telle distinction est une question de probabilité. Les seuils largement acceptés sont 130 g/L pour les hommes, 120 g/L pour les femmes, et 110 g/L pour les femmes enceintes et les jeunes enfants (OMS 1968). Une anémie plus sévère avec microcytose et hypochromie est l'indication d'une carence en fer avancée.

Avant de résumer la situation en Tanzanie en ce qui a trait à l'anémie, je vais dresser un tableau général de la fréquence relative avec laquelle différents types d'anémie apparaissent. La plupart des anémies sont hypoprolifératives, les troubles les plus courants étant l'inflammation, la carence en fer et les saignements aigus, (Hillman et Finch 1985).

Le problème de l'anémie en Tanzanie a, dans l'ensemble, constitué une préoccupation lors des enquêtes sur la nutrition générale. Dans toutes ces études, le test de sélection a fait appel à une mesure du taux d'hémoglobine. L'utilisation d'une faible valeur d'hémoglobine en tant que diagnostic de l'anémie ne distingue pas toutefois les causes possibles de l'anémie. L'infection aiguë et chronique peut induire une diminution immédiate et considérable de la valeur Hb; toutefois, cette dernière n'est observée qu'à une dernière phase de la carence en fer, lorsque les réserves de fer sont épuisées. L'insensibilité relative de la mesure d'hémoglobine est également attribuable à la vaste dispersion des valeurs chez les sujets normaux.

Les enquêtes menées en Tanzanie ont donc cherché à découvrir certaines des causes sous-jacentes de l'anémie. Le Tableau 1 est extrait des enquêtes nutritionnelles en Tanzanie et il indique une vaste incidence d'anémie; dans certains villages, il a été trouvé que près de 39 % des jeunes enfants étaient anémiques. Dans certaines régions, une relation étroite a été observée entre l'anémie et la malaria, l'ankylostomiase et les infections schistosomiasiques. Toutefois, l'effet des infections mineures n'a pas été exploré; comme on l'a déjà mentionné, la prévalence d'une réelle condition de carence en fer ne peut être établie avec la méthode Hb.

Les changements séquentiels dans le développement de la carence en fer sont indiqués par l'usage d'autres paramètres. Du point de vue clinique, une diminution des réserves ferriques est mise en évidence par une réduction de la concentration de la ferritine sérique ou par une diminution du fer colorable dans la moelle osseuse, ou les deux. Lorsque les réserves de fer sont épuisées et qu'un équilibre ferrique négatif se poursuit, il y a une réduction de l'absorption du fer dans la moelle érythrocytaire. Cela se reflète par une diminution de la saturation de la protéine porteuse du fer plasmatique, la transferrine. Comme résultat, la synthèse de l'hémoglobine s'affaiblit et la concentration des globules rouges protoporphyrines augmente. La production limitée d'hémoglobine finit par entraîner une baisse de la concentration de l'hémoglobine au-dessous du niveau seuil pour l'individu.

Tableau 1. Anémie par région et groupe de population (extrait des enquêtes sur la nutrition en Tanzanie).

Date	Région	Type de population observée	Taille de l'échantillon	Moyenne Hb g %	Prévalence de l'anémie (%)	Point seuil Hb g %
1972	Dar	Femmes enceintes	1317	9,3	100	11
1973	Kilosa	Femmes tous âges	1702	11,2	28	10
1973	Bagamoyo	Femmes tous âges	1467	10,4	15	11,5
1974	Morogoro	Village 0-4 ans	31	10,8	-	-
1974	Mbeya	Village 0-4 ans	60	11,7	-	-
1974	Tabora	Village adultes	328	12,8	-	-
1974	Morogoro	Village adultes	323	12,4	-	-
1974	Mbeya	Village adultes	336	13,6	-	-
1974	Tabora Morogoro Mbeya	Village adultes femmes	516	12,2	-	-
1979	Rufiji	Village moins de 5 ans	288	7,9	-	-
1979-1980	Iringa	Village moins de 5 ans	1143	11,2	15,9 (0-39)	10
1984	Iringa	Village moins de 5 ans	979	11,8	25	10
1984	Iringa	Village moins de 5 ans	200	-	25	10

Par conséquent, pour avoir un tableau complet de la carence en fer, nous devons nous appuyer sur les méthodes analytiques qui mesurent la taille des réserves de fer. Dans une étude récente de la division Pawaga de Tanzanie, le niveau de protoporphyrine a été mesuré : environ 50 % des enfants de moins de cinq ans (n = 651) ont montré des valeurs indiquant une condition de carence en fer ; plus de 90 % avaient une valeur Hb inférieure au seuil, indiquant la présence d'anémie. Une preuve indirecte indique également que la carence en fer est une des principales causes d'anémie dans les pays en développement ; l'examen des données sur l'absorption du fer appuie solidement une telle conclusion.

La nature du fer alimentaire

Nos connaissances sur l'absorption du fer alimentaire ont beaucoup augmenté au cours des dix dernières années, et elles proviennent principalement de l'élaboration de méthodes isotopiques de mesure de l'absorption du fer à partir de repas complets (Cook et al. 1972 ; Hallberg et Bjorn-Rasmussen 1972 ; Layrisse et Martines-Torres 1972). Il est aujourd'hui connu qu'en raison des voies d'entrée séparées dans la cellule muqueuse intestinale, le fer alimentaire peut être composé de deux groupes distincts, expressément un groupe de fer héminique et un groupe de fer non héminique. L'hème, qui fournit près de 10 à 15 % du fer alimentaire consommé dans les pays industrialisés, consiste en hémoglobine et myoglobine des produits alimentaires d'origine animale. Le fer héminique est absorbé à 20 ou à 30 % et peut représenter près du quart du fer absorbé à partir de régimes riches en viande. Étant donné que l'absorption du fer héminique est peu touchée par la nature du repas, et seulement légèrement influencée par l'état ferrique de l'individu, son apport peut être calculé au moyen d'une mesure chimique de sa teneur dans le régime, en supposant une absorption de 25 %.

Le fer non héminique est contenu dans les céréales, les légumineuses, les fruits, les légumes et les produits laitiers ; dans les pays en développement, il constitue la principale source de fer alimentaire, et fréquemment la seule. L'absorption de ce fer non héminique est très variable et dépend de la nature du repas. Dans tout repas donné contenant une combinaison d'aliments, une « réserve » de fer non héminique se forme dans le lumen intestinal. L'absorption de cette réserve est déterminée par l'effet composé de facteurs stimulant ou affaiblissant l'absorption ferrique. Les facteurs connus pour stimuler l'absorption du fer non héminique sont la viande, la volaille, les fruits de mer, et divers acides organiques, notamment l'acide ascorbique. Un grand nombre de substances sont connues pour affaiblir l'absorption du fer ; il s'agit des polyphénols comme les tanins, les phytates (Gillooly et al. 1983), certaines formes de protéines (INACG 1982) et certaines fibres. Les aliments qui ont un puissant effet inhibitoire sur l'absorption du fer incluent donc le thé, le café, le jaune d'oeuf et le son. Selon la teneur en substances stimulantes ou inhibitrices, l'absorption du fer contenu dans un repas peut varier de 1 à 40 % chez les individus dont l'état ferrique est comparable.

En dépit de la quantité considérable d'informations disponibles sur les facteurs qui influencent l'absorption du fer, obtenues à partir de repas uniques, elles font défaut quant à l'absorption du fer provenant de régimes complets. Les repas typiques dans différentes régions du monde (Hallberg et al. 1983; Narasinga Rao et al. 1983; Acosta et al. 1984) peuvent être répartis dans trois catégories générales; faible biodisponibilité, moyenne biodisponibilité et grande biodisponibilité, avec une absorption du fer héminique et du fer non héminique d'environ 5, 10 et 15 % respectivement; cela s'applique à un individu dépourvu de réserves en fer mais dont le transport du fer est normal. Certains régimes dépassent les deux points extrêmes de cette gamme de biodisponibilité de 5 à 15 %. L'absorption du fer à partir de régimes consistant principalement de céréales peut donc n'être que de 1 à 2 %; cependant, avec les régimes contenant de grandes quantités de viande, de poisson ou de volaille, l'absorption peut approcher les 20 à 25 %.

Pour conclure, toutes nos informations indiquent qu'en règle générale, la teneur en fer des régimes à base de céréales est suffisante. Il faudrait aussi mentionner la contamination du fer qui peut contribuer à augmenter de plusieurs fois la quantité de fer local du régime, mais le pourcentage d'absorption est plus ou moins bien connu. L'absorption du fer intrinsèque peut varier considérablement, de 1 à 40 %.

Quels sont alors les moyens pratiques et réalistes permettant d'améliorer la situation d'anémie ferriprive que connaissent les pays en développement? On pourrait considérer les trois stratégies suivantes: d'abord, la distribution de comprimés de fer aux groupes vulnérables, comme les jeunes enfants et les femmes enceintes et allaitantes; deuxièmement, l'enrichissement de certains produits de base avec du fer; et troisièmement, une augmentation de la biodisponibilité du fer alimentaire. La première stratégie implique un système de soins de santé mère-enfant étendu et qui fonctionne bien, et la deuxième la distribution d'un produit de base à partir d'un point central. Dans de nombreux pays, il n'existe aucune de ces conditions requises. Par conséquent, il reste la troisième stratégie, c'est-à-dire augmenter l'absorption ferrique des régimes à base de céréales. Dans le cadre de notre programme de recherche en collaboration avec le TFNC, nous avons effectué des études sur les méthodes permettant de diminuer les effets inhibiteurs des phytates et des tanins sur l'absorption du fer des produits céréaliers, par l'usage de techniques traditionnelles ménagères comme la germination et la fermentation.

La germination et la fermentation — l'effet sur l'acide phytique et l'absorption du fer

L'acide phytique (chimiquement, inositol hexaphosphate) possède une grande capacité de fixation des fers minéraux comme le Fe^{2+} et Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} et Ca^{2+} . Ces complexes de minéraux et d'acide phytique sont généralement peu solubles et ils entraveront donc l'absorption des minéraux. Dans la graine de céréale, l'acide phytique est principalement réparti dans la couche de

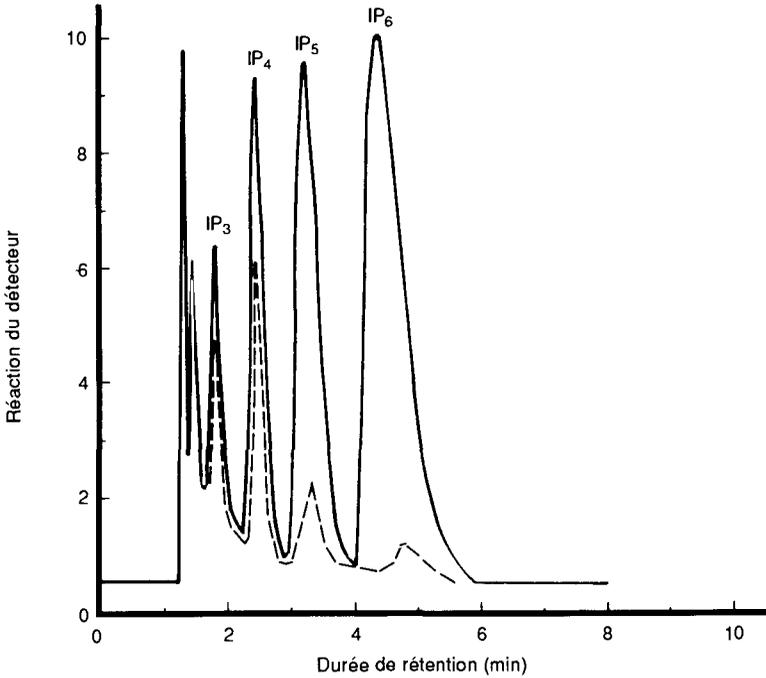


Fig. 1. Teneur relative en inositol phosphate dans les échantillons de sorgho trempé (12 heures). —, farine complète non germée; ---, farine complète germée. IP₃ à IP₆ = inositol contenant 3 à 6 phosphates par résidu d'inositol.

l'aleurone (Lott et Ockendenen 1986); le décorticage de la graine va donc réduire considérablement la quantité d'acide phytique (jusqu'à 50 ou 60%). Toutefois, les quantités restantes influenceront l'absorption du fer.

Un autre moyen de réduire la quantité d'acide phytique dans la graine consiste à activer les phytases qui sont disponibles en petites quantités dans presque toutes les variétés de céréales (Nayini et Markakis 1986). L'acide phytique est alors hydrolysé en inositol phosphates inférieurs (penta à mono-phosphates); toutefois, d'après des évaluations *in vitro*, seuls les inositols hexa et penta-phosphates forment des complexes insolubles avec le fer. Il est également connu que la germination des graines de céréales stimule l'action de la phytase. Nous avons utilisé une nouvelle méthode pour mesurer l'inositol phosphate par extraction dans de l'HCl dilué et quantification au moyen d'une chromatographie d'appariement ionique et de chromatographie liquide à haute pression (Sandberg et Adherinne 1986). Dans le sorgho blanc germé pendant 48 heures, les quantités d'inositol hexa-phosphates (IP₆) et d'inositol penta-phosphates (IP₅) sont considérablement inférieures à celles de la farine non germée. Nous avons davantage stimulé les phytases des échantillons de sorgho en les faisant tremper dans de l'eau pendant 12 heures et en ajustant le pH dans l'eau de trempage à 5 par l'addition d'HCl. La Figure 1 montre que le

trempage à des conditions de pH optimales pour les phytases réduit les quantités de IP_6 et IP_5 dans la farine de sorgho germé à moins de 5% de celles de la farine complète non germée.

L'étape suivante consistait à soumettre les échantillons à une fermentation bactérienne naturelle à l'acide lactique. Les farines ont été trempées dans l'eau et laissées à la température ambiante pendant deux à trois jours; l'acide lactique produit dans la bouillie fermentée a réduit le pH d'une valeur initiale de 6 à environ 4. La quantité d'acide phytique ($IP_6 + IP_5$) est encore plus réduite dans ces échantillons fermentés, et la farine germée ne présente pas de quantités décelables de IP_6 et IP_5 . Le Tableau 2 résume les quantités de IP_5 et IP_6 dans $\mu\text{mol/g}$ dans les échantillons étudiés.

Quel effet ces traitements ont-ils sur l'absorption du fer? Celle-ci a été estimée au moyen d'une méthode *in vitro* mise au point dans notre département de Göteborg (Svanberg et al. 1988). L'échantillon alimentaire est progressivement digéré au moyen d'un système utilisant trois enzymes. La quantité de fer solubilisé est décelée au moyen d'une spectrophotographie d'absorption atomique. Le rapport entre le pourcentage de fer solubilisé et l'absorption du fer mesurée dans les études sur les êtres humains au moyen de la méthode de radio-marquage (Hallberg et Bjorn-Rasmussen 1972) indique une forte corrélation ($r = 0,99$, $p \leq 0,001$), mesurée sur 16 différents aliments contenant ou non des protéines d'origine animale.

Les différents échantillons de sorgho de cette étude ont été analysés afin de découvrir la quantité de fer soluble au moyen de cette méthode *in vitro*. La Figure 2 montre le rapport entre le fer soluble et la teneur en acide phytique. La fermentation à l'acide lactique double la quantité de fer soluble lorsqu'on utilise de la farine de grain décortiqué et la multiplie par six avec de la farine germée.

En conclusion, les méthodes ménagères traditionnelles de transformation des aliments, comme le trempage, la germination et la fermentation, ont prouvé en laboratoire qu'elles réduisent considérablement la teneur en acide phytique du sorgho blanc. La solubilité du fer et, par là même, l'absorption du fer,

Tableau 2. Quantité de $IP_6 + IP_5$ ($\mu\text{mol/g}$) dans différents échantillons de sorgho; les effets du décortilage, de la germination, du trempage et de la fermentation.

Sorgho (blanc)	Non traité	Trempé (12 heures, pH = 6)	Fermenté (48 h)
Non germé			
Farine complète	5,45	2,70	0,20
85% d'extraction	5,20	2,20	0,40
Germé			
Farine complète	3,50	0,40	nd ^a

^a Non décelable.

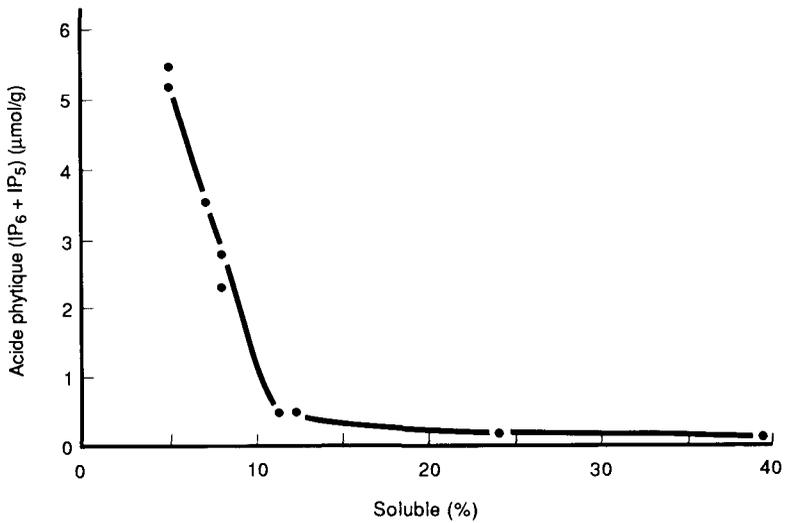


Fig. 2. Fer soluble et teneur en acide phytique dans différents échantillons de sorgho.

sont accrues, selon le traitement, de deux à six fois. En terme quantitatif, cela signifie qu'un régime de « faible biodisponibilité » s'est transformé en un régime « de moyenne à forte biodisponibilité »; ce résultat pourrait être également obtenu seulement en incluant de généreuses quantités de viande, ou de produits très riches en acide ascorbique.

Bibliographie

- Acosta, A., Amar, M., Combluth-Szarfarc, S.C., Dillman, E., Fosil, M., Biachi, R.G., Grebe, G. Hertrampf, E., Kremenchuzky, S., Layrisse, M., Martinez-Torres, C., Moron, C., Pizarro, F., Reynafarje, C., Stekel, A., Villavicencio, D., Zuniga, Y.H.. 1984. Iron absorption from typical Latin American diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 39, 953-962.
- Cook, J.D., Layrisse, M., Martinez-Torres, C., Walker, R., Monsen, E., Finch, C.A. 1972. Food iron absorption measured by an extrinsic tag. *Journal of Clinical Investigation*, 51, 805-815.
- Gillooly, M., Bothwell, T.H., Torrance, J.D., MacPhail, A.P., Derman, D.P., Bezwoda, W.R., Mills, W., Charlton, R.W., Moyet, F. 1983. The effect of organic acids, phytates and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. *British Journal of Nutrition*, 49, 331-342.
- Hallberg, L., Bjorn-Rasmussen, E. 1972. Determination of iron absorption from whole diet. A new two-pool model using two radio-iron isotopes given as haem and non-haem iron. *Scandinavian Journal of Haematology*, 9, 193-197.

- Hallberg, L., Björn-Rasmussen, E., Rossander, L., Suwanik, R., Pleehachinda, R., Malulee, T. 1983. Iron absorption from some Asian meals containing contamination iron. *American Journal of Clinical Nutrition*, 37, 272-277.
- Hillman, R.S., Finch, C.A. 1985. In *Red cell manual* (5th ed.). F.A. Davis Company, Philadelphia, PA, É-U, p. 59.
- INACG (International Nutritional Anaemia Consultative Group). 1982. The effects of cereals and legumes on iron availability. The Nutrition Fund, Washington, DC, É-U. 44 p.
- Layrisse, M., Martínez-Torres, C. 1972. Model for measuring dietary absorption of hem iron: test with a complete meal. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25, 401-411.
- Lott, J.N.A., Ockendenen, I. 1986. The fine structure of phytate-rich particles in plants. In Graf, E., ed., *Phytic acid: chemistry and applications*. Pilatus Press, Minneapolis, MN, É-U. p. 43-55.
- Narasinga Rao, B.S., Vijayasathy, C., Prabhavati, T. 1983. Iron absorption from habitual diets of Indians studied by the extrinsic tag technique. *Indian Journal of Medical Research*, 77, 648-657.
- Nayini, N.R., Markakis, P. 1986. In Graf, E., ed., *Phytic acid: chemistry and applications*. Pilatus Press, Minneapolis, MN, É-U. p. 101-118.
- OMS (Organisation mondiale de la santé). 1968. *Nutritional anaemias*. WHO, Genève, Suisse. Série des rapports techniques, n° 405.
- Sandberg, A.S., Adherinne, R. 1986. HPLC-method for determination of inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates in foods and intestinal contents. *Journal of Food Science*, 51, 547-550.
- Svanberg, U., Hallberg, L., Rossander, L. 1988. *In vitro* method to measure iron availability in diets. *Journal of Food Science* (sous presse).