

Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations

J.C. FAVIER

ORSTOM-CIQUAL, 16, rue Claude Bernard, 75005 Paris, France

Résumé

Depuis les temps les plus reculés, les transformations des céréales ont pour but de faciliter leur stockage et leur transport ainsi que de les rendre plus agréables à consommer et plus digestibles. Les procédés industriels viennent s'ajouter ou se substituer aux procédés traditionnels pour apporter un changement d'échelle de production et un gain de productivité avec, idéalement, une plus grande diversité des produits, l'amélioration de leurs qualités et de leur disponibilité ainsi que des progrès économiques et sociaux.

Malgré quelques particularités, les différentes céréales présentent de grandes similitudes en ce qui concerne la composition chimique et la valeur nutritionnelle. De plus, les constituants biochimiques se répartissent dans les diverses régions anatomiques du grain de façon similaire quelle que soit l'identité génétique de la céréale.

C'est pourquoi les opérations technologiques qui fractionnent le grain en ses différentes régions anatomiques conduisent à des produits dont la composition évolue avec l'intensité du traitement tout en restant semblable d'une céréale à l'autre. Ainsi, pour l'ensemble des céréales, on peut dire que, très schématiquement, les farines, semoules ou grains polis sont d'autant plus concentrés en amidon et appauvris en protéines, minéraux et vitamines que le décortiquage et le blutage sont intensifs; en revanche, la biodisponibilité de ces nutriments s'améliore quand la teneur en fibre diminue.

D'autres traitements, tels que ceux qui font intervenir l'action de l'eau, de la chaleur ou les fermentations, peuvent modifier la composition et les propriétés physicochimiques ou biochimiques des produits.

De tous les procédés, ceux qui conservent le mieux aux céréales leur valeur nutritionnelle sont fréquemment les procédés traditionnels. En conséquence, il faut s'attacher à les reproduire ou à les remplacer, conduisant ainsi à des produits de qualité nutritive comparable.

Les traitements des céréales après récolte ont pour but de permettre leur stockage et leur transport dans de meilleures conditions, de faciliter leur utilisation, de les rendre plus agréables à consommer et plus digestibles.

Structure et composition des grains de céréales

En considérant le grain entier de diverses céréales, on constate une grande analogie dans leur composition chimique mais aussi quelques différences (Tableau I).

— Dans toutes les espèces, le grain est essentiellement glucidique avec 60 à 75 % de glucides digestibles (amidon principalement). Les céréales apparaissent ainsi comme des aliments essentiellement énergétiques : 330 à 385 kcal/100 g.

— Le taux de fibre diététique est variable (2 à plus de 30 %). Il dépend notamment de la taille du grain, les grains de faibles dimensions (petits mils) ayant une plus grande proportion l'enveloppes.

— La teneur en protéines va de 6 à 18 % dans les cas extrêmes mais se situe le plus souvent entre 8 et 13 %. Malgré cette modicité relative, les céréales réalisent souvent à elles seules un apport protidique très important en raison de leur prépondérance dans la ration de nombreuses populations. Qualitativement, ces protéines sont médiocres : l'acide aminé limitant est la lysine; dans le cas du maïs, le tryptophane présente également un grave déficit et constitue l'acide aminé limitant secondaire. La concentration des acides aminés soufrés est plus

Tableau I. Composition des céréales (pour 100 g de grain à 10 % d'humidité).

		Blé	Sorgho	Mil	Maïs	Riz brun
Protéines	(g)	13	11	10,6	9,5	8,3
Lipides	(g)	1,8	3,2	4,1	4,0	1,6
Glucides disponibles	(g)	61,6	59,3	73,2	66	75
Fibre diététique	(g)	11	14,5		9	4
Calcium	(mg)	60	26	22	16	22
Phosphore	(mg)	312	330	286	220	250
Fer	(mg)	7,6	10,6	20,7	3,6	2,0
Thiamine (Vit. B ₁)	(mg)	0,35	0,34	0,30	0,33	0,36
Riboflavine (Vit. B ₂)	(mg)	0,12	0,15	0,22	0,10	0,06
Niagine (Vit. PP)	(mg)	6,1	5,3	4,7	3,1	7,0
Pyridoxine (Vit. B ₆)	(mg)	0,5			0,4	0,67
Acide panthoténique	(mg)	0,8	1,2	1,25	0,65	1,70
Biotine	(mg)	7			6	12

D'après F.A.O., 1970, [4].

élevée que dans les légumineuses, d'où l'intérêt de l'association des céréales et des légumineuses qui se supplémentent ainsi mutuellement.

— Les lipides sont relativement peu abondants mais ils sont extrêmement intéressants par la forte proportion des acides gras polyinsaturés.

— Les céréales sont peu minéralisées : la teneur en phosphore est élevée, celle du calcium est faible (sauf pour l'éleusine), et ne suffit pas à neutraliser tout l'acide phytique. L'acide phytique insolubilise également Mg, Zn, Fe.

— A l'exception du maïs jaune et de certains mils qui contiennent des caroténoïdes actifs, les céréales n'ont pas d'activité vitaminique A. La vitamine C fait défaut également. Les germes sont riches en vitamine E. Les vitamines du groupe B sont présentes (à l'exception de la vitamine B₁₂, mais décorticage et blutage en éliminent une bonne partie.

Structure du grain (fig. 1, Tableau II)

Composition des différents organes (fig. 2, Tableau III)

Les couches externes (*péricarpe et testa*) sont caractérisées essentiellement par leur teneur

— non négligeable en protéines (7 %), lipides (2 %), minéraux et vitamines du groupe B (à l'exception de la vitamine B₁₂ absente du règne végétal)

— très élevée en fibre (ou glucides pariétaux ou glucides indigestibles : cellulose, hémicelluloses, lignine qui n'est pas un glucide proprement dit). Rappelons que la fibre joue un rôle physiologique important en permettant la progression normale du bol alimentaire dans le tube digestif et en favorisant certains métabolisme (cholestérol, triglycérides). Mais elle joue aussi un autre rôle très important en diminuant la digestibilité des autres constituants de la ration, notamment les protéines.

La testa de certains sorghos pigmentés est riche en polyphénols (tanins), ce qui accroît leur résistance aux oiseaux et aux intempéries. Mais les tanins diminuent la digestibilité des protéines et du fer en se liant à eux pour former des complexes indigestibles. Par ailleurs, en colorant les farines et semoules, ils les rendent inacceptables ou moins acceptables par les consommateurs.

La couche d'aleurone est extrêmement riche du point de vue nutritionnel. Ainsi, dans le cas du blé (fig. 2), bien que constituant seulement 6 % du poids du grain, elle contient à elle seule

— 16 à 20 % des protéines du grain entier

— 31 % des lipides

— 58 % des minéraux

— 32 % de la thiamine (vitamine B₁)

— 37 à 82 % des autres vitamines du groupe B (B₂, B₆, PP, acide panthoténique).

En raison de sa concentration élevée en nutriments nobles, la couche d'aleurone est parfois appelée «couche merveilleuse». Mais il faut savoir qu'elle contient aussi une quantité notable d'acide phytique (insolubilisant des protéines et des minéraux tels que Ca, Mg, Fe, Zn) et des fibres qui diminuent la digestibilité des constituants de la ration. D'un point de vue histologique, la couche d'aleurone appartient à l'albumen maïs, comme elle adhère fortement aux enveloppes extérieures, elle suit ces dernières lors du décorticage pour constituer le son.

Le germe est riche en minéraux, protéines, lipides et vitamines. Selon les céréales, il contient à lui seul une grande partie, parfois la plus grande partie des lipides et de la vitamine E liposoluble. Le scutellum est très riche en thiamine.

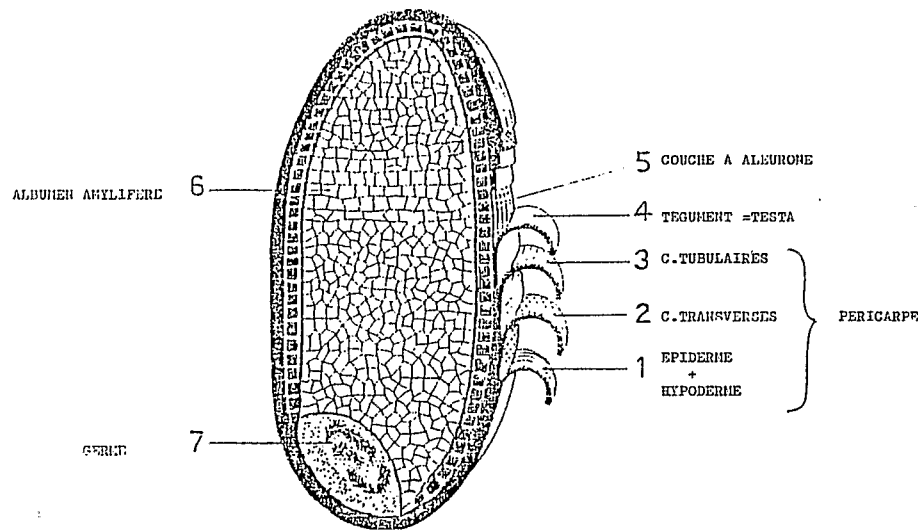


Figure 1. Structure du grain de céréale.

Tableau II. Structure des grains de céréales (% grain entier).

	Blé	Sorgho	Maïs	Riz	Mil
Albumen	82	82	83	90	60
Germe scutellum	3	10	11	4	40
Enveloppes couche à aleurone	15	8	6	6	

D'après Miche, 1980 [21].

L'albumen est la partie du grain la plus importante en volume et en poids : 60 à 90 %. Il contient principalement de l'amidon; ses teneurs en protéines, lipides, minéraux et vitamines sont plus faibles que celles du germe et des enveloppes. De plus, la qualité nutritionnelle de ses protéines est inférieure à celle des protéines des parties périphériques du grain.

Influence des traitements technologiques

Les connaissances sur la structure et la composition biochimique des céréales permettent de mieux comprendre leur comportement à l'égard des traitements technologiques et l'influence de ces derniers sur la composition et la valeur nutritionnelle des dérivés céréaliers.

Valeur nutritive des céréales au cours de leurs transformations

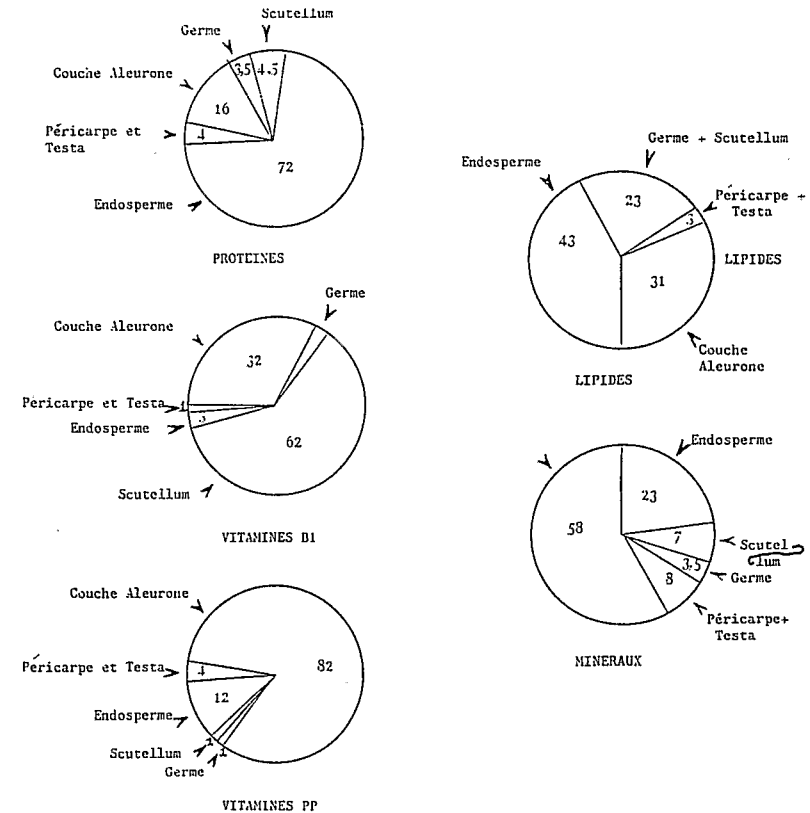


Figure 2. Distribution des nutriments au sein du grain de blé.

Tableau III. Composition de diverses fractions du grain de sorgho (pour 100 g).

	Grain entier	Albumen	Germe	Son
Protéines (g)	12,3	12,3	18,9	6,7
Lipides (g)	3,6	0,6	28,0	4,9
Amidon (g)	73,8	82,5	13,4	34,6
Cendres (g)	1,65	0,37	10,4	2,0
Riboflavine (mg)	0,13	0,09	0,40	0,40
Niacine (mg)	4,5	4,4	8,1	4,4

D'après Hubbard et al., 1950 [19].

Séchage, battage, vannage, stockage

Le séchage permet la conservation en stoppant (ou en ralentissant fortement) le développement des microorganismes et, dans le cas des grains entiers, les phénomènes de respiration et de germination. Séchage, battage et vannage, en réduisant le poids et le volume des produits, facilitent leur stockage, leur manutention et leur transport. Parfois les céréales ne sont pas battues avant le stockage car les enveloppes qui les entourent sont une protection contre l'attaque des insecte (maïs).

Il convient de noter :

— les effets d'un séchage au soleil trop poussé qui craquelle les grains de riz (cas fréquent en Afrique)

— les pertes de certaines vitamines (thiamine, riboflavine) par séchage au soleil (rayon UV, température, oxygène de l'air); ce phénomène se retrouve aussi lors du séchage au soleil des farines, semoules, couscous, galettes, etc.

— les pertes de vitamines et les diminutions de valeur biologique des protéines au cours de la conservation en fonction de la température et de la durée.

Décorticage et mouture

L'usage alimentaire des céréales présente un double écueil : si on consomme la farine de mouture intégrale, c'est-à-dire la céréale entière, la présence d'une quantité importante de fibre, d'acide phytique et parfois de tanins (cas de certains sorghos) entraîne une nette diminution de la digestibilité de l'ensemble de la ration et, par la même, la perte notable de nutriments essentiels : protéines, minéraux, vitamines. En revanche, si l'on raffine à l'extrême la farine pour obtenir un produit correspondant au seul albumen, on consomme un aliment très énergétique car riche en amidon, d'une digestibilité élevée, mais appauvri en protéines, minéraux et vitamines. De plus, comme les protéines de haute valeur biologique se trouvent dans l'assise à aleurone, la farine très raffinée est appauvrie quantitativement et qualitativement (fig. 3 et 4; Tableau III). On a donc le choix entre consommer les céréales entières et mal les digérer ou bluter leur farine et perdre ainsi des nutriments nobles. Les deux extrêmes existent en pratique. Par exemple, pour la consommation de céréales entières, dans les cas suivants :

— maïs en Afrique, car les enveloppes du grain sont peu abondantes; les garder ne modifie pas sensiblement les qualités organoleptiques et nutritives de la farine;

— mils et sorghos consommés sous forme de farine intégrale, de couleur souvent très foncée, par des populations de montagnards du Nord-Cameroun. Les faibles superficies cultivables et les maigres ressources dont elles disposent les amènent, par économie, à ne pas rejeter le son. Bien que cette pratique alimentaire soit observée depuis des générations, il ne semble pas qu'il se soit produit une adaptation physiologique de l'organisme à la présence d'importantes quantités de fibre, de polyphénols et d'acide phytique pour en réduire les effets anti-nutritionnels [14, 15].

— riz brun (ou riz cargo ou riz décortiqué), simplement débarrassé de ses glumes et glumelles (balle). Notons ici que ce qu'on appelle décorticage du riz se limite à l'élimination de la balle pour aboutir au riz brun (ou riz cargo) encore pourvu de son péricarpe et du tégument séminal. L'élimination de ces derniers est appelé blanchiment ou polissage (le décorticage + le blanchiment étant communément désignés sous le terme d'usinage).

La consommation de céréales extra-blanches, très raffinées, existe aussi : riz très blanchi, «kourou» de sorgho, farine de blé à très faible taux d'extraction... Entre les deux extrêmes, la

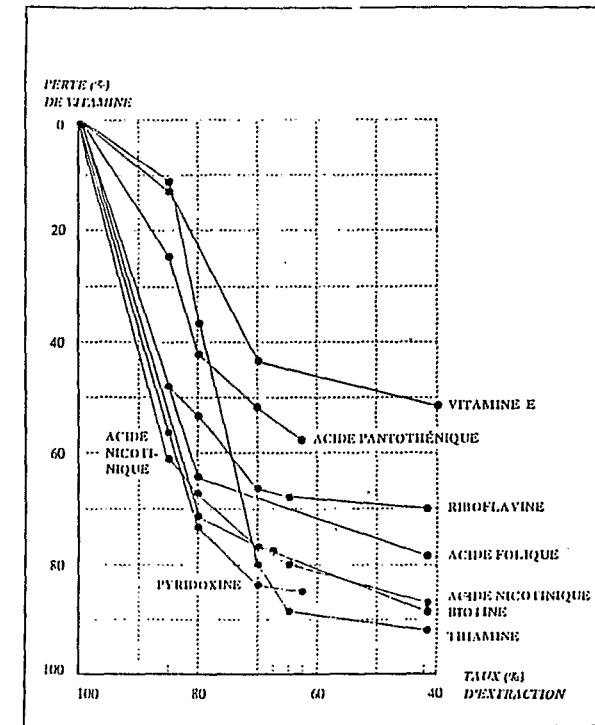


Figure 3. Relation entre le taux d'extraction et l'appauvrissement d'une farine en vitamines (d'après Moran, 1959 [22]).

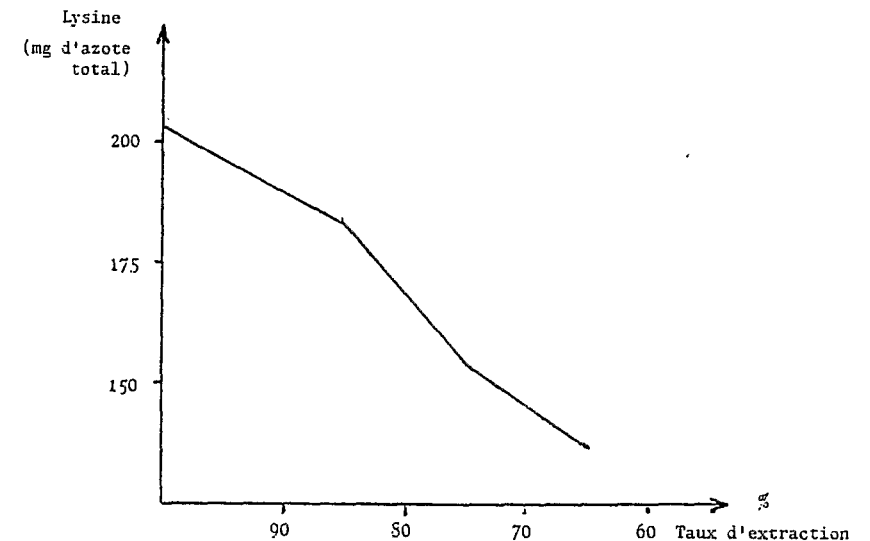


Figure 4. Relation entre taux d'extraction de la farine de blé et taux de lysine de ses protéines (d'après FAO, 1970), [4].

solution la plus souhaitable consisterait à n'éliminer que les enveloppes lignifiées en gardant l'assise à aleurone. Mais en raison de l'adhérence des couches entre elles et à l'albumen, il est toujours difficile de séparer de façon progressive et nette les diverses fractions du grain. Le décorticage s'accompagne toujours du bris d'une certaine proportion des grains. Leurs fragments, y compris des germes, sont alors souvent éliminés avec le son. Selon les céréales et les sociétés, les procédés utilisés sont différents. Ils conduisent à des produits plus ou moins raffinés, dont la composition varie selon la nature et les proportions des fractions qu'ils contiennent.

Procédé traditionnel par pilonnage : mil, sorgho

Selon les disponibilités alimentaires, le décorticage est plus ou moins complet et il conduit à une farine plus ou moins blanche. Les taux d'extraction de farine généralement observés sont voisins de 70-75 % permettant d'éliminer (Tableau IV) :

- les 2/3 de l'acide phytique
- plus de 70 % des glucides indigestibles du grain initial, tout en récupérant dans la farine :
 - les 3/4 de la valeur énergétique,
 - 70 % des protéines,
 - 35 % des lipides,
 - 59 % du calcium,

mais seulement 30 à 40 % des vitamines du groupe B.

Le pilonnage modéré du riz détache d'abord surtout les balles et fournit un riz décortiqué de couleur brune, encore pourvu de la plus grande partie du péricarpe et du tégument séminal. Ce riz brun a une valeur nutritionnelle intéressante car il est déjà débarrassé d'une partie des glucides indigestibles tout en conservant une bonne part de l'assise à aleurone et du

Tableau IV. Décorticage et broyage traditionnels du sorgho (pourcentage de récupération par rapport au sorgho initial)

	Son	Farine (extraction = 70-75 %)	Farine lavée (extraction = 50 %)
Energie métabolisable	12	75	51
Protéines	20	69	41
Lipides	35	35	13
Indigestible glucidique	65	28	12
Ca	23	59	10
P. total	35	41	8
P. physique	39	36	9
Thiamine (Vit. B ₁)	35	40	5
Riboflavine (Vit. B ₂)	33	33	23
Niacine (Vit. PP)	39	30	13

D'après Favier, 1977 [16].

scutellum riches en protéines et vitamines. La consommation de ce riz n'est pas béribérigère car il conserve une teneur notable en thiamine.

Le blanchiment du riz peut être obtenu en poursuivant le pilonnage : on obtient un riz plus blanc, encore plus dépourvu de fibre, mais appauvri en nutriments nobles (protéines, vitamines, minéraux) et renfermant de plus en plus de grains cassés.

Étuvage du riz

C'est un procédé d'origine indienne, très ancien et très connu, qui a de nombreux avantages. Il comporte 3 stades distincts :

- trempage du riz paddy dans l'eau pendant 48 à 72 heures afin de porter son taux d'humidité aux environs de 30 %;
- passage du paddy égoutté mais gonflé d'eau pendant environ 1 heure à la vapeur, jusqu'à ce que la balle commence à se fendre et que le grain devienne tendre;
- séchage, souvent au soleil, pour ramener le taux d'humidité aux environs de 14 % et redonner au grain sa dureté.

Les avantages sont nombreux et importants :

- la valeur nutritive du riz étuvé est supérieure à celle du riz non étuvé, pour un même degré d'usinage car, pendant l'étuvage, une partie des vitamines et des sels minéraux diffus dans l'albumen et ne sera pas éliminée avec le son;
- la balle étant fendue, le temps et l'énergie nécessaires pour effectuer le pilonnage ou l'usinage sont sensiblement réduits;
- le rendement à l'usinage est meilleur car les grains durcis se brisent moins facilement en particulier lors du pilonnage à la main;
- les grains durcis se conservent mieux et sont plus résistants à l'attaque des insectes;
- le riz étuvé donne de meilleurs résultats à la cuisson car il gonfle bien, absorbe plus d'eau sans devenir collant et il abandonne moins de particules solides dans l'eau de cuisson (ce qui est une qualité supplémentaire sur le plan nutritionnel).

Les modalités de l'étuvage traditionnel sont nombreuses suivant les régions et les sociétés. On le rencontre dans certains pays d'Afrique de l'Ouest. En raison de ses avantages, est important d'encourager sa pratique. Même au Sahel, où pourtant le combustible fait défaut, l'utilisation de ce procédé est souhaitable car il permet d'obtenir un riz usiné de bonne qualité à partir d'un paddy desséché et craquelé par le soleil.

Divers procédés d'étuvage faisant appel à un matériel simple et disponible dans les pays en développement ont été mis au point [8].

Broyage traditionnel à la meule

Le broyage des grains peut être effectué entre deux pierres : meule tournante ou meule dormante. Cette dernière se rencontre en Afrique au sud du Sahara. Elle est utilisée pour la mouture sèche ou pour la mouture par voie humide. La mouture du sorgho par voie humide à la meule dormante conduit, dans certains cas (kourou du Cameroun), à une farine lavée et décantée plusieurs fois dans l'eau, de sorte que son taux d'extraction (Tableau IV) ne dépasse pas 50 %, avec environ 90 % de la fibre et de l'acide phytique éliminés, mais aussi des pertes de :

- 60 % des protéines
- 90 % du calcium et 92 % du phosphore total
- 95 % de la thiamine
- 77 % de la riboflavine
- 87 % de la niacine.

La préparation de cette farine de sorgho par lavage à l'eau, telle que nous l'avons observée au Cameroun, comporte un véritable lessivage des éléments nutritifs et conduit à un gaspillage considérable.

Procédés mécaniques de décortiquage et de mouture

Le décortiquage et le blanchiment du riz sont maintenant effectués, de plus en plus souvent, par divers types d'appareils mécaniques. Si ces machines ont l'avantage de soulager les ménagères d'un travail pénible, elles présentent souvent l'inconvénient d'effectuer un usinage excessif avec faible rendement de grains entiers et pertes élevées de nutriments nobles dans le son et les germes, d'où des risques de carence, notamment en thiamine.

La forme des grains de sorgho et de mil rend possible leur décortiquage par abrasion. Mais les moulins mécaniques sont utilisés le plus souvent pour écraser le sorgho préalablement décortiqué par pilonnage ou le maïs.

Les mesures effectuées au Cameroun [16] ont montré que le broyage au moulin à moteur provoque, par échauffement, la perte de 40 % de la thiamine initialement présente dans le sorgho décortiqué soumis à broyage.

Les moulins mécaniques sont utilisés également pour le broyage à sec du maïs et du sorgho entier, non décortiqué. Mais en raison de sa friabilité, le son de sorgho est réduit en particules de dimensions comparables à celles de la farine et il n'est plus possible de les séparer par simple tamisage. Par ailleurs, la mouture à sec du sorgho par moulin à moteur nécessite plus d'énergie, d'où un coût plus élevé et, sans doute aussi, un échauffement plus important avec des conséquences fâcheuses sur les vitamines.

En résumé, le décortiquage et la mouture entraînent des pertes considérables lorsque le son et les germes sont éliminés. Les pertes de nutriments vont croissant avec le taux de blutage et il est nécessaire de trouver un compromis entre la qualité organoleptique, la commodité d'emploi et la valeur nutritive (fig. 3 et 4).

Cuisson

Les effets de la cuisson ménagère sur la composition des dérivés céréaliers africains n'ont pas fait l'objet de nombreux travaux. Mais tout porte à croire que les modifications apportées aux aliments sont les mêmes que celles qui se produisent sous d'autres climats, à savoir :

- gonflement et gélification de l'amidon qui devient ainsi très rapidement attaquant par les enzymes digestives;
- solubilisation dans l'eau de cuisson de matières minérales et de vitamines hydrosolubles qui sont perdues si l'eau de cuisson est rejetée;
- destruction de thiamine de l'ordre de 10 à 20 %; les autres vitamines présentes étant moins sensibles [16]. La destruction est d'autant plus importante que la température est plus élevée, le temps de chauffage prolongé, le pH élevé et que des ions de métaux lourds viennent catalyser les réactions. Mais il est à noter qu'en Afrique, généralement, les temps de cuisson sont relativement courts et que l'eau de cuisson, utilisée en faible quantité, est rarement rejetée. La destruction est souvent plus importante après la cuisson si le plat est maintenu au chaud pendant longtemps.
- à plus hautes températures, par exemple au four lors de la cuisson de pains, biscuits, galettes, des nutriments précieux peuvent subir des dommages, notamment la thiamine ainsi que la lysine qui donnent avec les sucres réducteurs des complexes inutilisables par l'organisme (R. de Maillard).

Cuisson alcaline du maïs

Elle favoriserait la transformation en niacine des faibles quantités de tryptophane que contient le maïs, ce qui expliquerait la faible incidence de la pellagre dans les populations mexicaines qui pratiquent ce procédé sous le nom de nixtamalisation [12, 20].

Autres procédés de cuisson

La préparation de céréales soufflées ou éclatées, ainsi que la cuisson-extrusion ont des effets dommageables sur la lysine (R. de Maillard) et les vitamines, en particulier la thiamine. La cuisson-extrusion diminuerait aussi l'indigestibilité de la fibre. La quantité de lysine rendue indisponible est d'autant plus importante que la température d'extrusion est plus élevée et le taux d'hydratation plus faible. Les pertes de méthionine et de cystéine seraient sensibles également, celles du tryptophane ne se produisant qu'à température très élevée (210° C). Les pertes de vitamines sont d'autant plus élevées que la température d'extrusion et le cisaillement sont importants [18].

Fermentation

Les aliments préparés par fermentation à partir de produits céréaliers sont nombreux dans le Monde.

1. Rappelons que la fermentation panair ne peut être utilisée avec les farines de mil, sorgho, maïs ou riz qu'à la condition que ces dernières soient mélangées en proportions relativement faibles avec des farines panifiables ou que soient employés des additifs ou des modifications de l'amidon.

2. Des fermentations se produisent fréquemment sur les produits humides (farines, semoules, couscous, bouillies, pâtes...) dès qu'ils sont laissés de quelques heures à plusieurs jours à température ambiante. Il s'agit généralement de fermentations lactiques qui font naître un goût aigrelet accompagné d'arômes particuliers souvent appréciés et recherchés. D'un point de vue biochimique, on observe des modifications de taux de vitamines du groupe B variables selon les microorganismes en présence. On observe fréquemment des synthèses de thiamine et de riboflavine mais il peut y avoir aussi, au contraire, consommation de vitamines par les microorganismes.

3. Les boissons alcooliques fabriquées à partir de céréales sont multiples. Citons pour les régions chaudes : le «saké» ou bière de riz en Asie et les nombreuses bières de maïs, sorgho ou mil en Afrique. Les fermentations qui interviennent au cours de la fabrication de ces boissons entraînent des modifications extrêmement importantes de la composition aussi bien lors de la phase de germination (maltage) que de la phase de fermentation alcoolique proprement dite. On observe :

- la transformation d'une partie de l'amidon en sucres fermentescibles puis en alcool et gaz carbonique;
- la libération d'acides aminés à partir des protéines;
- la perte ou la synthèse de vitamines du groupe B selon les microorganismes impliqués, la phase de fabrication et les modalités des procédés de préparation. Ainsi, lors de la fabrication de la bière de sorgho au Cameroun [13], on retrouve dans le produit final tel que consommé 45 % de riboflavine de plus que dans le grain de sorgho initial et 59 % de plus de thiamine. La préparation, toujours dans la même région, d'une autre boisson alcoolique à partir du sorgho se traduit en moyenne par un gain de riboflavine de 30 % alors que la thiamine supporte

une perte de 35 % et la niacine une perte de 13 %. Selon certains auteurs (Périsse 1959, [13]), la vitamine B₁₂, absente du règne végétal, serait même synthétisée au cours de la fabrication de la bière de mil.

Lorsqu'on fait le bilan général de la fabrication de ces boissons, on constate globalement que [16] :

— on ne récupère dans la boisson que 30 à 56 % de la valeur énergétique de 20 à 40 % des matières azotées du sorgho initial; du point de vue de la valeur énergétique et des protéines, il est donc plus intéressant de consommer le sorgho sous forme de farine;

— sur le plan minéral, les rendements de la fabrication de boissons alcooliques et de farine se valent;

— sur le plan vitaminique, la transformation en bière est nettement plus avantageuse que la consommation sous forme de farine en ce qui concerne les vitamines B₁, B₂ et B₁₂.

Extraction industrielle des dérivés de céréales

Depuis quelques décennies, les céréales sont utilisées par les pays industriels comme sources de constituants purs exploités pour leurs propriétés dites fonctionnelles ou pour préparer des aliments de composition bien contrôlée. Il s'agit de récupérer les constituants du grain dans un état suffisamment pur pour pouvoir les utiliser séparément. C'est surtout le maïs qui est exploité ainsi, mais aussi, de plus en plus, le blé et, aux USA, le sorgho [17].

Conclusions

Les procédés traditionnels de transformation des céréales présentent un certain nombre d'avantages et d'inconvénients. Il est difficile de dire si les techniques plus modernes leur sont préférables. Ainsi, on ne peut que se féliciter des procédés de blutage au pilon et au mortier qui laissent à la farine plus de nutriments nobles (protéines, minéraux, vitamines) et une proportion de fibres plus raisonnable que ne le font les techniques mécanisées. Mais les procédés traditionnels sont souvent longs, fastidieux, fatigants et contraignants pour la ménagère. Les cuissons sont généralement courtes par manque de combustible; on ne peut donc leur reprocher de détruire les vitamines; les fermentations ont le mérite d'enrichir les aliments en certaines vitamines, notamment en riboflavine qui fait souvent défaut dans les rations africaines. La consommation des bières de mil, sorgho ou maïs contribue à accentuer le déficit en céréales des pays du Sahel, mais elle apporte de précieuses vitamines (B₂, B₁₂) et tient un rôle social important. Enfin, l'étuvage du riz est un procédé intéressant tant sur le point nutritionnel que technologique.

Références

Ouvrages généraux

1. Adrian J, Jacquot R. (1964). *Le sorgho et les mils en alimentation humaine*. Vigot, Paris.
2. Bender AE. (1978). *Food processing and nutrition*. Academic Press, London.
3. Campbell-Platt G. (1987). *Fermented food of the World*. Butterworths, London.

4. FAO. (1970 a). *Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique*. FAO, Rome.
5. FAO. (1970b). *Teneur des aliments en acides aminés et données biologiques sur les protéines*. FAO, Rome.
6. FAO. (1984). *Pertes de qualité des graines alimentaires après la récolte*. Etude FAO Alimentation et Nutrition n° 29. FAO, Rome.
7. FAO. (1983). *Traitement et stockage des céréales vivrières par les ménages ruraux*. Bull Services agric FAO n° 53. FAO, Rome.
8. FAO. (1986). *L'étuvage du riz*. Bull Service agric FAO n° 56. FAO, Rome.
9. Fondation RONAC. (1987). *Les apports du blé et des aliments céréaliers dans l'équilibre alimentaire*. Fondation RONAC, Paris.
10. Hulse JH. (1980). *Polyphenols in cereals and legumes*. Int Dev Res Centre, PO Box 8500 Ottawa.
11. SCET-Agri. (1982). *Technologie des céréales traditionnelles dans les pays du Sahel. Son rôle dans l'autosuffisance alimentaire*. Les corollaires technologiques n° 184, Ministère de la Coopération, Paris.

Articles originaux

12. Bressani, Paz, Scrimshaw. (1958). Chemical changes in corn during preparation of tortillas. *Agric Food Chem*.
13. Chevassus-Agnès S, Favier JC, Joseph A. (1976). Technologie traditionnelle et valeur nutritive des bières de sorgho du Cameroun. *Cah Nutr Diététique*; II, 89-104.
14. Cornu A, Delpeuch F. (1981). Effect of fiber in sorghum on nitrogen digestibility. *Am J Clin Nutrition*; 34 : 24-54.
15. Cornu A, Delpeuch F. (1986). Effets de l'ingéré en fibres alimentaires sur la digestibilité des lipides chez une population africaine consommatrice de sorgho. *Ann Nutr Metabolism*; 30 : 227-232.
16. Favier JC. (1977). Valeur alimentaire de deux aliments de base africains : le manioc et le sorgho. *Trav et Doc ORSTOM*, Paris.
17. Godon B. (1986). Transformation : industries de cuisson et industries de fractionnement. In : *Fondation Française pour la Nutrition. Dossier Céréales : Conditions de production et de transformation des céréales et qualité nutritionnelle*. Bull. n° 30, Fondation Française pour la Nutrition, Paris.
18. Guérivière (de la) JF, Mercier C, Baudet L. (1985). Incidences de la cuisson-extrusion sur certains paramètres nutritionnels de produits alimentaires notamment céréaliers. *Cah Nutr Diét*; 20, (3) : 201-210.
19. Hubbard JE, Hall HH. (1950). *Cereal Chem*; 27 : 415.
20. INCAP. (1972). *Nutritional improvement of maize*. INCAP, Guatemala.
21. Michel JC (1980). Utilisation potentielle du sorgho dans un système intégré de mouture et de pastification. In : *L'amélioration des systèmes post-récoltes en Afrique de l'Ouest*. Agence de coopération culturelle et technique, Paris.
22. Moran T. (1959). Nutritional significance of recent work on wheat, flour and bread. *Nutr Abstr Rev*; 29 : 1-16

British Library Cataloguing in Publication Data

Céréales en régions chaudes.

1. Tropical regions. Cereals. Storage.

I. Parmentier, Michel.

633 . 1 ' 0468 ' 0913

ISBN 0-86196-218-4

Editions John Libbey Eurotext

6, rue Blanche, 92120 Montrouge, France.

Tél : (1) 47.35.85.52

John Libbey Company Ltd

13, Smith Yard, Summerley Street, London SW18 4HR, England.

Tél : (01) 582.5266

© 1989, Paris

CÉRÉALES EN RÉGIONS CHAUDES : CONSERVATION ET TRANSFORMATION

Colloque International de Technologie
Centre universitaire de N'Gaoundéré, Cameroun
22-26 février 1988

COMITÉ SCIENTIFIQUE

M. FOUA-BI Kouahou
M. MBON Ruben
M. NKOUKA Nazaire
M. PARMENTIER Michel
M. VERBRUGGE Jean-Claude
M. DILLON Jean-Claude

Organisé conjointement par

- l'Organisation de l'Unité Africaine (OUA)
- l'Association des universités partiellement ou entièrement de langue française (AU)
- le Centre universitaire de N'Gaoundéré (Cameroun)

avec le concours de

- l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
- le Fonds International de Coopération Universitaire (FICU)
- l'UNESCO
- le CTA
- l'ACCT



ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 31.276 ex 1

Cote : B M PM

01 FEV. 1991