

## Chapitre 7: Substances toxiques et facteurs antinutritifs

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Manioc](#)

[La patate](#)

[La pomme de terre](#)

[Le taro](#)

[Bananes et plantains](#)

[L'igname](#)

[Le phytate](#)

Comme la plupart des végétaux, les plantes-racines contiennent de petites quantités de toxines et de facteurs antinutritifs potentiels, tels les inhibiteurs de trypsine. Mis à part le manioc, qui contient des glucosides cyanogéniques, les variétés cultivées de la majorité des tubercules et des racines comestibles ne contiennent pas de toxines dangereuses. Les espèces sauvages renferment parfois des doses letales de principes toxiques; il faut donc les traiter correctement avant de les consommer. Ces espèces sauvages

sont des réserves utiles dans les périodes de famine ou de pénuries alimentaires. Les populations locales sont conscientes des risques potentiels que comporte leur utilisation et ont mis au point des techniques appropriées pour détoxiquer les racines avant de les consommer.

## Manioc

Le principe toxique essentiel qui existe en quantités variables dans toutes les parties de la plante de manioc est un composé chimique appelé linamarine. Il coexiste souvent avec son homologue méthylique appelé méthyllinamarine ou lotaustraline. La linamarine est un glucoside cyanogénique qui est transformé en acide cyanhydrique toxique ou acide prussique lorsqu'il entre en contact avec la linamarase, une enzyme qui est libérée quand les cellules des racines de manioc se rompent. La linamarine est par ailleurs un composé assez stable qui n'est pas modifié durant la cuisson du manioc. Si elle passe de l'intestin dans le sang comme glycoside intact, elle est probablement excrétée inchangée dans l'urine sans dommage pour l'organisme (Philbrick, et al., 1977). Cependant, la linamarine ingérée peut libérer du cyanure dans l'intestin durant la digestion.

L'acide cyanhydrique (HCN) est un composé volatil. Il s'évapore rapidement dans l'air à des températures supérieures à 28 °C et se dissout facilement dans l'eau. Il peut aisément être perdu durant le transport, l'entreposage et l'analyse des échantillons. La teneur normale en cyanogène des tubercules de manioc se situe normalement entre 15 et 400mg de HCN/kg de poids frais (Coursey, 1973). La concentration varie largement entre les variétés

(fig. 7.1) de même qu'avec les conditions écologiques et culturelles. La concentration des glycosides cyanogénétiques augmente du centre vers la périphérie du tubercule (Bruijn, 1973). Généralement, la teneur en cyanure est beaucoup plus élevée dans la peau du manioc. Le goût amer n'indique pas avec certitude la présence de cyanure.

**Figure 7.1 Effet des techniques de transformation traditionnelles de quatre variétés de racines de manioc, pour la préparation du gari, sur la teneur en cyanure total et libre de chaque étape de la transformation**

Les méthodes traditionnelles de transformation et de cuisson du manioc, si elles sont appliquées avec soin, peuvent réduire la teneur en cyanure jusqu'à des niveaux non toxiques. Une méthode de transformation efficace libérera la linamarase en désintégrant la microstructure de la racine de manioc. En amenant cette enzyme en contact avec la linamarine, le glucoside est transformé en acide hydrocyanique. Le cyanure libéré se dissout dans l'eau quand la fermentation est provoquée par un trempage prolongé, et s'évapore quand le manioc fermenté est séché. Le séchage au soleil de petits morceaux de manioc frais pendant une courte durée n'est pas un bon procédé de détoxification. Le cyanure ne sera pas complètement libéré et l'enzyme sera détruite pendant le séchage. Les techniques de transformation par séchage au soleil ne réduisent que de 60 à 70 pour cent la teneur totale en cyanure durant les deux premiers mois de conservation. Les résidus de cyanure peuvent être très importants dans les tubercules secs, de 30 à 100 mg/kg (Casadei, 1988). La simple cuisson à l'eau de morceaux de racine fraîche n'est pas toujours une garantie de non-toxicité car le cyanure ne pourrait être que partiellement libéré, et

une fraction seulement de la linamarine passerait dans l'eau de cuisson. La réduction des cyanures varie si le produit est mis dans l'eau froide (27 °C) ou directement dans l'eau bouillante (100 °C). Après 30 minutes de cuisson, les cyanures ne sont plus, dans le premier cas, que huit pour cent de leur valeur initiale, et dans le second cas environ 30 pour cent (Essers, 1986).

Plusieurs auteurs ont suggéré différents niveaux minimaux pour la toxicité. Rosling (1987) a exprimé l'opinion qu'une dose de plus de 20 mg pour 100 g de manioc est toxique, tandis que Bolhuis (1954) a établi la dose toxique de 50 à 60 mg par jour pour un adulte européen.

Le tableau 7.1 montre la teneur en HCN de divers produits transformés à base de manioc. Il indique qu'une réduction considérable de la teneur en acide cyanhydrique du manioc cru a eu lieu pendant la transformation. Le trempage dans l'eau améliore la détoxification car les cellules sont décomposées par osmose et fermentation, ce qui facilite l'hydrolyse des glycosides. Un trempage de courte durée (4 heures) n'a pas d'effet, mais s'il se prolonge (de 18 à 24 heures), les quantités de cyanure peuvent baisser de moitié (tableau 7.2). Comprimer le produit est une étape fondamentale dans l'élimination des cyanures solubles.

**Tableau 7.1 Teneur en HCN de divers produits à base de manioc durant la transformation**

Aliment	Etape de la détoxification	HCN restant	

		<b>Moyenne</b>	<b>Pourcentage</b>
Mpondu	Feuilles fra <sup>?</sup> ches	(mg/kg) 68,6	100,0
	Feuilles lav <sup>?</sup> es (l'eau froide)	63,9	93,1
	Feuilles s <sup>?</sup> ch <sup>?</sup> es	66,1	96,3
	Feuilles bouillies (15 mn dans l'eau)	3,7	5,4
	Feuilles bouillies (30 mn dans l'eau)	1,2	1,7
Manioc bouilli	Racines fra <sup>?</sup> ches (douces)	10,7	100,0
	Racines bouillies (20 mn dans l'eau)	1,3	12,1
Foufou	Racines fra <sup>?</sup> ches (douces et am <sup>?</sup> res)	111,5	100,0
	Racines tremp <sup>?</sup> es (3 jours)	19,4	17,4
	Racines s <sup>?</sup> ch <sup>?</sup> es (3 jours)	15,7	14,1
	Foufou cru (farine et eau)	2,5	2,2
	Foufou cuit	1,5	1,3
Fuku	Racines fra <sup>?</sup> ches (douces)	25,5	100,0
	Fuku cru (chauff <sup>?</sup> )	4,2	16,4
	Fuku cuit	1,2	4,7

Gari	Pulpe	90,1	100,0
	24 h de fermentation	73,2	81,2
	48 h de fermentation	55,3	61,3
	48 h de compression	36,0	40,0
	R♦tissage	25,8	28,6
Lafun	Pulpe	16,5	100,0
	Trempage (5 jours)	35,9	21,8
	Trempage (5 jours) + s♦chage (48 h)	25,5	15,5
	Trempage (5 jours) + s♦chage (96 h)	19,6	11,9

Sources: Bourdoux et al., 1982; Oke, 1984.

**TABLEAU 7.2 Effets du trempage sur la teneur en HCN de six racines amères de manioc**

Dur♦e du trempage (jours)	HCN restant (pourcentage)
0	100,0
1	55,0
2	42,3
3	19,0

4	1 0,9
5	2,7

**Source: Bourdoux et al., 1983.**

### Pathophalologie de l'intoxication par le cyanure

Le cyanure est d $\otimes$ toxiqu $\otimes$  dans L'organisme par la conversion en thiocyanate, un compos $\otimes$  soufr $\otimes$  ayant des propri $\otimes$ t $\otimes$ s goitrig $\otimes$ nes. La conversion est catalys $\otimes$ e par une enzyme, le thiosulfate de cyanure: la sulfurtransf $\otimes$ rase (rhodanase), pr $\otimes$ sente dans presque tous les tissus humains, et  $\otimes$  un moindre degr $\otimes$  par un mercapto-pyruvate, la sulfurtransf $\otimes$ rase de cyanure, pr $\otimes$ sente dans les globules rouges (Fiedler et Wood, 1956). Les substrats essentiels pour la conversion du cyanure en thiocyanate sont le thiosulfate et 3-mercapto-pyruvate, d $\otimes$ riv $\otimes$ s principalement de la cyst $\otimes$ ine, de la cystine et de la m $\otimes$ thionine, les acides amin $\otimes$ s contenant du soufre. La vitamine B12 sous la forme d'hydroxycolabamine influence vraisemblablement la conversion du cyanure en thiocyanate. L'hydroxy-colabamine augmenterait l'excr $\otimes$ tionparvoie urinaire de thiocyanate chez des animaux exp $\otimes$ rimentaux ayant ing $\otimes$ r $\otimes$  de petites doses de cyanure (Wokes et Picard, 1955; Smith et Duckett, 1965). De 60  $\otimes$  100 pour cent du cyanure inject $\otimes$  en concentration toxique sont transform $\otimes$ s en thiocyanate en l'espace de 20 heures et la transformation enzymatique repr $\otimes$ sente plus de 80 pour cent de la d $\otimes$ toxication du cyanure (Wood et Cooley, 1956). Le thiocyanate est largement distribu $\otimes$  dans les liquides du corps, y compris la salive, dans laquelle il peut

facilement être détecté. Chez l'homme en bonne santé, un équilibre dynamique entre le cyanure et le thiocyanate est maintenu. Un régime pauvre en protéines, particulièrement un régime dans lequel les acides aminés soufrés font défaut peut réduire la capacité de détoxification et rendre ainsi une personne plus vulnérable à l'effet toxique du cyanure (Oke, 1969, 1973). La consommation excessive de manioc, comme source unique d'énergie alimentaire et source principale de protéines, pourrait donc accentuer la sensibilité à la toxicité du cyanure.

### Maladies liées à la toxicité du manioc

Plusieurs maladies ont été associées aux effets toxiques du manioc. Son rôle a été confirmé dans l'état pathologique de l'intoxication aiguë par le cyanure et dans le goitre. Il existe aussi des signes qui lient deux types de paralysie aux effets combinés d'une dose élevée de cyanure et d'une dose faible de soufre, comme cela peut se produire dans un régime alimentaire dominé par le manioc insuffisamment traité. Dans ces deux maladies, la neuropathie ataxique tropicale et la paralysie spastique épidémique, la paralysie fait suite à un endommagement de la moelle épinière. Le rôle de la toxicité du cyanure dans les diabètes tropicaux et dans la malformation congénitale n'a pas été établi. De même, ses effets bénéfiques supposés sur l'anémie à hématies falciformes, la schistosomiase et les tumeurs malignes sont encore hypothétiques.

*Intoxication aiguë par le cyanure.* Les symptômes apparaissent quatre à six heures après un repas composé de manioc cru ou insuffisamment traité et consistent en des vertiges,



vomissements, malaises et entraînent dans certains cas la mort en l'espace d'une heure ou deux. Le traitement est très efficace et peu onéreux. Il s'agit d'accroître la capacité de détoxication du patient en lui injectant, par piqûre intraveineuse, du thiosulfate qui augmente la quantité de soufre disponible pour la conversion du cyanure en thiocyanate.

*Goitre endémique.* L'ingestion de cyanure présent dans les aliments conduit à sa détoxication dans l'organisme grâce à la production de thiocyanate. Le thiocyanate a la même taille moléculaire que l'iode et intervient sur la dose d'iode par la glande thyroïde (Bourdoux et al., 1978). En cas d'ingestion de quantités importantes de manioc insuffisamment traité, il peut y avoir une surcharge chronique de cyanure conduisant à une élévation du niveau de thiocyanate dans le sérum qui passe à 1-3 mg/100 ml, le niveau normal étant d'environ 0,2 mg/100 ml. Dans de telles conditions, la présence d'une excrétion accrue d'iode et d'une absorption réduite d'iode par la glande thyroïde aboutit à un rapport d'excrétion thiocyanate/iode (SCN/I) faible. Il semble que si ce rapport dépasse trois, le goitre endémique apparaît (Delange, 1983). Ce phénomène ne peut se produire que si la dose d'iode est inférieure à 100 mg par jour. Quand le rapport SCN/I est inférieur à deux, il existe un risque de crétinisme endémique, état caractérisé par une grave arriération mentale et des anomalies neurologiques (Erman et al., 1983).

Des études réalisées au Zaïre ont montré que les habitants d'Ubangi, qui consomment de grandes quantités de manioc séché au soleil mais non fermenté, présentent un rapport SCN/I faible allant de deux à quatre et sont atteints de goitre endémique et de crétinisme. Mais à Kirn, où les habitants mangent de la pâte de manioc fermentée et

sèche, le rapport SCN/I passe de trois à cinq et les cas de goitre sont peu fréquents. Dans le bas Zaïre, où l'on consomme des produits à base de manioc convenablement préparés, le rapport SCN/I est supérieur à sept et aucun cas de goitre n'est signalé. Un faible rapport conduit à des quantités anormales de l'hormone stimulant la thyroïde et de petites quantités de thyroxine (T4). Ayangade et al. (1982) ont constaté que, chez les femmes enceintes, le niveau de thiocyanate dans le sang du cordon était proportionnel à celui du thiocyanate dans le sérum maternel, indiquant que le thiocyanate peut traverser la barrière placentaire et affecter le fœtus. Toutefois, il y a très peu de thiocyanate dans le lait maternel, ce qui indique que les glandes mammaires ne concentrent pas le thiocyanate et les enfants nourris au sein ne sont pas affectés. Quand des suppléments d'iode sont donnés, par exemple, par l'adjonction d'iodure de potassium aux réserves locales de sel, le goitre est réduit malgré une ingestion élevée et continue de produits dérivés du manioc. Là où la ration de sel est modérée ou variable, l'huile iodée, absorbée par voie orale, fournit une protection pour un ou deux ans. Dans la jungle amazonienne, certains indigènes consomment jusqu'à 1 kg de manioc frais cuit par jour et jusqu'à trois litres de bière de manioc fermenté, mais on n'a pas signalé de cas de goitre ou de neuropathie ataxique. Ces tribus consomment aussi de grandes quantités de protéines animales et de protéines de poisson et trouvent ainsi dans leur alimentation un apport important d'acides aminés soufrés et d'iode.

## Troubles neurologiques

L'apport de cyanure dérivant d'un régime alimentaire où le manioc domine serait un

facteur contribuant à deux formes de neuropathie d'origine nutritionnelle, qui sont la neuropathie ataxique tropicale au Nigeria (Osuntokun, 1981) et la paralysie spastique épidémique (Cliff et al., 1984). Ces troubles existent aussi dans certaines régions de Tanzanie et du Zaïre où l'on cultive du manioc.

*Neuropathie ataxique tropicale.* Cette maladie est fréquente dans une zone du Nigeria où la population consomme de très grandes quantités de manioc, sans ingérer suffisamment d'aliments supplémentaires riches en protéines aptes à assurer un apport approprié d'acides aminés soufrés pour la détoxification du cyanure ingéré. Le produit à base de manioc consommé, appelé purupuru, est préparé sans fermentation suffisante du manioc, ce qui laisse un résidu de cyanure pouvant atteindre 0,10 M mole/g. Chaque jour, 2 kg de cette denrée sont consommés, ce qui correspond à l'ingestion de quelque 50 mg de cyanure. La dose toxique pour un adulte est d'environ 60 mg. Le cadre clinique est dominé par le dommage causé à un des nerfs sensoriels dans la moelle épinière, qui entraîne une démarche titubante appelée ataxie.

Quand les patients arrivent à l'hôpital, ils ont un taux élevé de thiocyanate dans le plasma. Au moment de leur admission, on leur fait suivre un régime d'hôpital très nutritif qui comprend du manioc seulement deux fois par semaine. En peu de temps, le taux de thiocyanate dans le plasma est réduit à un niveau normal, et les patients guérissent. Cependant, à la sortie de l'hôpital, ils reprennent leur régime précédent à base de manioc et les symptômes réapparaissent (Osuntokun, 1968).

Tous les cas signalés sont originaires de la région où l'on cultive et consomme de grandes quantités de manioc, aucun cas n'étant signalé dans les zones voisines où l'igname domine. Un changement dans le régime de la population à risque, au Nigeria, a réduit la fréquence de cette maladie.

*Paralysie spastique épidémique.* C'est une situation de dépendance vis-à-vis de variétés très toxiques de manioc cultivé pour la sécurité alimentaire (Cliff et al., 1984). Dans certaines régions du Mozambique, une variété amère toxique de manioc est souvent plantée comme réserve alimentaire à cause de son rendement élevé. Le manioc constituant à peu près 80 pour cent du régime, on le prépare selon une méthode classique qui rend sa consommation non dangereuse. Le manioc, qui contient environ 327 mg de HCN/kg est épluché, coupé en rondelles et séché au soleil pendant trois semaines environ, jusqu'à ce que le niveau du cyanure tombe à quelque 95 mg/kg. On le réduit alors en farine à laquelle on ajoute de l'eau chaude pour former une pâte appelée chima. On mange généralement cette pâte accompagnée de haricots, de poisson ou de légumineuses, pour constituer un repas bien équilibré.

Pendant une période de sécheresse prolongée, toutes les cultures vivrières de cette zone ont été perdues à l'exception de la variété toxique de manioc. Les magasins d'alimentation ont été dévalisés et de nombreuses familles n'ont pas eu d'autre choix que de se nourrir du manioc toxique. Le temps consacré normalement à la préparation a été réduit par l'urgence, et il n'y a pas eu de détoxication appropriée. Les habitants le savaient, mais c'était pour eux la seule chance de survie. En mangeant du chima mal

préparé, sans leur complément habituel d'aliments en protéines, ils se sont plaints que son goût était plus amer qu'il l'accoutume. Après quatre à six heures, ils ont eu des nausées, des vertiges et des troubles divers. Les malades présentaient un niveau élevé de thiocyanate dans le sérum et une excrétion de thiocyanate dans l'urine environ 10 fois supérieure à celle des groupes qui ne mangent pas de manioc au Mozambique. Une apparition soudaine de nombreux cas de paralysie spastique survint alors, indiquant une épidémie très étendue. Cette maladie affecte principalement les femmes et les enfants. Elle endommage les nerfs de la moelle épinière qui commandent les mouvements et cause ainsi une paralysie spastique des deux jambes (Rosling, 1987). De nouveaux cas ont été signalés durant la saison sèche dans deux régions du Zaïre (Nkamany et Kayinge, 1982) et lors des sécheresses dans une région du Mozambique (Cliff et al., 1984) et une région de Tanzanie (Howlett, 1985).

Durant ces périodes de sécheresse, environ 500 g de manioc séché, soit 1,5 kg en poids de matière fraîche, sont consommés chaque jour, représentant un apport de 1 500 kcal et 50 mg de cyanure par jour. Ce niveau se rapproche du niveau toxique de 60 mg. L'organisme peut sans danger détoxiquer à peu près 20 mg de cyanure par jour, mais si ce niveau augmente pour atteindre 30 mg, des symptômes d'intoxication aiguë apparaissent chez la plupart des consommateurs, et commence alors l'épidémie. S'il se trouve une période durant laquelle coïncident une ration abondante de manioc et une faible ingestion d'aliments riches en protéines aptes à fournir des amino-acides soufrés pour la détoxification, cette combinaison précipite l'apparition de la maladie. La situation peut être

comparée à l'épidémie de lathyrisme qui a affecté certaines régions d'Inde touchées par la sécheresse cause de la forte consommation d'un pois résistant à la sécheresse, *Lathyrus sativa*.

Production d'aliments à faible teneur en cyanure

La mise au point d'une méthode plus précise pour la détermination de la teneur en cyanure des aliments par Cooke (1978), ainsi qu'une étude en profondeur de certains aliments traditionnels à base de manioc, a permis de mieux comprendre le mécanisme de détoxication du cyanure dans les aliments et de formuler de meilleures recommandations pour la transformation du manioc.

Le cyanure est présent dans le manioc et ses dérivés sous deux formes, la forme glucosidique, qui est la linamarine elle-même, et la forme non glucosidique ou forme libre qui est la cyanohydrine. Dans des conditions normales d'hydrolyse, quand la linamarase réagit avec la linamarine, elle est hydrolysée en cyanohydrine qui, en se décomposant, donne de l'acétone et de l'acide cyanhydrique. Toutefois, en milieu acide (pH 4 ou moins), qui tend à se créer dans certaines fermentations lactiques du manioc, la décomposition de la cyanohydrine est bloquée et il devient stable. Il est relativement facile de se débarrasser du cyanure libre, qui est présent dans la proportion d'environ 10 pour cent dans le manioc séché et frais, notamment en solution, mais le cyanure non glucosidique peut être très lentement hydrolysé et aboutir à un résidu de cyanure important dans les dérivés du manioc. Ainsi, faire sécher des cassettes de manioc dans un four à l'air à 47 °C et à 60

À 30 °C, la teneur en cyanure libre de 25 à 30 pour cent, alors qu'avec un séchage plus rapide à 80 °C ou 100 °C, la réduction du cyanure libre n'est que de 10 à 15 pour cent. Cependant, les pertes de cyanure libre sont respectivement de 80 à 85 pour cent et de 95 pour cent (Cooke et Maduagwu, 1978). Le séchage entraîne une augmentation apparente de la concentration du cyanure due à la perte d'eau (Bourdoux et al., 1983). Plus le séchage est long, plus la perte d'eau est importante. Environ 14 pour cent de l'eau peuvent être éliminés le premier jour, et jusqu'à 70 pour cent après huit jours. Cela conduit à une augmentation de la concentration de cyanure qui passe de 70 mg/kg le premier jour à 91 mg/kg après huit jours.

Le trempage dans l'eau à 30 °C, l'ébullition ou la cuisson éliminent le cyanure libre, mais seulement 55 pour cent environ du cyanure libre est libéré après 25 minutes. Cependant, le cyanure libre est éliminé par un trempage prolongé au début de la fermentation (tableau 7.2), sous l'action de la linamarase qui est libérée par la désintégration des tissus tubéreux. Si l'on ajoute de l'eau, la plus grande partie du cyanure est éliminée. Meuser et Smolnik (1980) ont pu améliorer la production de gari en lavant la pulpe après fermentation pour enlever le résidu de cyanure libre qui était encore présent sous forme de cyanohydrine à cause de sa plus grande stabilité en milieu plus acide.

Tableau 7.3 Effet du séchage sur la teneur en HCN du manioc

Technique de séchage		HCN (ppm)

Lyophilisation	Pulpe	439
Séchage ultra-rapide	Rondelles	432
Séchage à l'air 40°C	Cossettes, pulpe	13
Séchage à l'air chaud 180°C	Cossettes	14
	Pulpe fermentée	77
Séchage au tambour	Pulpe	8
	Pulpe fermentée	121
HCN dans la pulpe	Libre et lié	900

**Source: Meuser & Smolnik. 1980.**

Le résultat de différentes techniques de séchage est présent au tableau 7.3. La lyophilisation ou le séchage ultra-rapide ont éliminé seulement le cyanure libre, qui représentait environ 50 pour cent de la totalité du cyanure présent. Le séchage aux cylindres de la pulpe fraîche à un pH de 5,5 à 5,7 a éliminé pratiquement tout le cyanure, alors que si la pulpe fermentée était séchée sur des cylindres ou des tambours, de grandes quantités de cyanure restaient dans le produit séché à cause du degré d'acidité (pH 3,8) de la pulpe fermentée. Dans la détoxification des produits à base de manioc, la fermentation est plus efficace quand la pulpe acide est comprimée et lavée. Le résidu de cyanure peut encore être réduit par le séchage au soleil ou la friture. Cela a



est confirmé par Hahn (1983) comme l'indique la figure 7.1. Dans les préparations traditionnelles de divers produits dérivés du manioc, il peut y avoir des résidus de cyanure cause d'une désintégration insuffisante des tissus durant la transformation et d'un lavage insuffisant.. C'est le résidu de cyanure qui est responsable de la toxicité. Certaines de ces préparations ont été simulées en laboratoire et modifiées afin d'abaisser les niveaux de cyanure (Bourdoux et al., 1983).

## La patate

La patate contient de la raffinose, un des sucres responsables de la flatulence. Trois parmi les sucres présents dans les tissus végétaux, la raffinose, la stachyose et la verbascose ne sont pas digérés dans la partie supérieure du tube digestif, et ainsi fermentent sous l'action des bactéries du colon produisant des gaz intestinaux, de l'hydrogène et du gaz carbonique. La quantité de raffinose présente dépend du cultivar. Dans certaines contrées d'Afrique, les cultivars utilisés sont considérés comme trop doux et provoquent la flatulence (Palmer, 1982). Lin et Chen (1985) ont établi que la patate présente une activité de l'inhibiteur de trypsine allant d'une inhibition de 90 pour cent dans certaines variétés à 20 pour cent dans d'autres. Il existe une corrélation significative entre la teneur en inhibiteur de trypsine et la teneur en protéines de la variété de patate. Quand on chauffe pendant quelques minutes à 90 °C, les inhibiteurs de trypsine deviennent inactifs. Lawrence et Walker (1976) ont considéré l'activité de l'inhibiteur de trypsine dans la patate comme un facteur contribuant à la maladie *Enteritis necroticans*. Cette conclusion semble douteuse car la

patate n'est généralement pas consommée crue et l'activité de l'inhibiteur de trypsine est détruite par la chaleur.

A la suite d'une blessure ou d'une exposition des agents infectieux, en réaction une stimulation physiologique ou cause de l'exposition d'un tissu blessé la contamination fongique, la patate produit des métabolites. Certains de ces composés, en particulier les furano-terpanoïdes, sont connus pour être toxiques (Uritani, 1967). La contamination fongique des tubercules de patate par *Ceratocystis fimbriata* et plusieurs espèces de *Fusarium* conduit la production d'ipomoeamarone, une hépatotoxine, alors que d'autres métabolites comme 4-ipoméanol sont des toxines pulmonaires. La cuisson au four ne détruit que 40 pour cent de ces toxines. Catalano et al., (1977) ont signalé qu'il suffit d'éplucher les patates meurtries sur 3 à 10 mm autour de la zone affectée pour éliminer presque toutes les toxines.

[Continue](#)

---

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/">

---

## La pomme de terre

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

La pomme de terre contient les glycoalcaloïdes alpha-solanine et alphachaconine (Maga, 1980), concentrés principalement dans les fleurs et les germes (200-500 mg/100 g.). Dans les tubercules de pomme de terre sains, la concentration de glycoalcaloïdes est habituellement inférieure à 10 mg/ 100 g et elle diminue normalement avec l'épluchage (Wood et Young, 1974; Bushway et al., 1983). Dans les variétés amères, la concentration d'alcaloïdes peut atteindre 80 mg/100 g dans le tubercule entier et 150 à 220 mg/100g dans la peau. La présence de ces glycoalcaloïdes est imperceptible aux papilles gustatives à moins que la concentration n'atteigne 20 mg/100 g quand le goût est amer. A de plus fortes concentrations, ils causent une sensation de brûlure persistante comme le piment rouge. A ces degrés de concentration, la solanine et d'autres glycoalcaloïdes sont toxiques. Us ne sont pas détruits durant la cuisson normale car la température de décomposition de la solanine est d'environ 243 °C.

La teneur en glycoalcaloïdes peut augmenter dans les pommes de terre exposées à une lumière vive pendant de longues périodes, ou à la suite de meurtrissures produites au moment de la récolte ou au cours de la manipulation après-récolte et de l'entreposage à des températures inférieures à 10 °C (Jadhav et Salunkhe, 1975). Les glycoalcaloïdes sont des inhibiteurs de cholinestérase et causent des accidents hémorragiques dans le tractus gastro-intestinal et dans la rétine (Ahmed, 1982). L'empoisonnement par la solanine rend très malade mais n'entraîne que rarement la mort (Jadhav et Salunkhe, 1975).

La pomme de terre contient également des inhibiteurs de protéinase qui représentent une défense efficace contre les insectes et les micro-organismes mais ne posent pas de problèmes à l'homme car ils sont détruits par la chaleur. Des lectines et des hémoglutines sont aussi présentes dans la pomme de terre. Ces toxines sont capables d'agglutiner les érythrocytes de plusieurs espèces de mammifères dont l'homme (Goldstein et Hayes, 1978), mais cet effet n'a guère d'importance du point de vue nutritionnel puisque les hémoglutines sont également détruites par la chaleur, et qu'en règle générale on fait cuire les pommes de terre avant de les manger.

## Le taro

La forte teneur en cristaux d'oxalate de calcium - environ 780 mg pour 100 g - dans certaines espèces de taro, *Colocasia* et *Xanthosoma*, expliquerait en partie le goût acre de ce végétal et l'irritation qu'il provoque. L'oxalate tend aussi à précipiter le calcium et à le rendre inassimilable par l'organisme. Oke (1967) a analysé en détail le rôle de l'oxalate dans la nutrition, y compris son rôle éventuel dans l'oxalurie et la lithiase rénale. L'écrot des cultivars de taro à forte teneur en oxalate peut être réduite par l'épluchage, le râpage, le trempage et la fermentation durant la transformation.

L'écrot est due aussi aux enzymes protéolytiques comme dans les venins de serpent. On a tenté d'isoler ces enzymes du taro, *Colocasia esculenta*, et le composant principal a été appelé taroïne par Pena et Pardales (1984).

## Bananes et plantains

Les bananes et les plantains ne contiennent pas une quantité importante de principes toxiques, mais renferment de la sérotonine, de la dopamine et d'autres amines biogènes en fortes concentrations. La dopamine est responsable du bruissement enzymatique de la banane coupée en rondelles. L'ingestion de grandes quantités de sérotonine présente dans les plantains a été associée à l'étiologie de la fibrose endomyocardique (Foy et Parratt, 1960). Toutefois, Ojo (1969) a montré que la sérotonine est rapidement éliminée du plasma circulant et ainsi ne contribue pas à des concentrations élevées d'amines biogènes chez les Nigériens en bonne santé. Shaper (1967) a confirmé qu'il n'y a pas suffisamment de preuves pour considérer sa concentration dans les plantains comme un facteur dans l'étiologie de la fibrose endomyocardique.

## L'igname

L'igname comestible, arrivée à maturité et cultivée ne contient pas de principes toxiques. Cependant, des principes amers tendent à s'accumuler dans les tissus des tubercules encore verts de *Dioscorea rotundata* et de *D. cayenensis*. Il peut s'agir de polyphénols ou de composés semblables au tanin (Coursey, 1983). Certaines espèces sauvages de *D. dumetorum* contiennent des principes amers, d'où leur nom d'ignames amères. Normalement, on ne les mange pas, sauf pendant les disettes. On les déttoxique généralement en les faisant tremper dans un récipient d'eau salée, dans de l'eau douce

chaude ou froide ou encore dans un ruisseau. Le principe amer est l'alcaloïde dihydrodioscorine, tandis que celui de l'espèce malaise *D. hispida* est la dioscorine (Bevan et Hirst, 1958). Ce sont des alcaloïdes hydrosolubles qui, lorsqu'ils sont ingérés, provoquent des symptômes sérieux et pénibles (Coursey, 1967). Des cas graves d'intoxication par les alcaloïdes peuvent être mortels. On n'a pas signalé la présence d'alcaloïdes dans les variétés cultivées de *D. dumetorum*.

*Dioscorea bulbifera* est appelée igname bulbifère ou pomme en l'air, et serait originaire d'un centre indo-malais. En Asie, on a recours aux méthodes de détoxication, extraction par l'eau, fermentation et retissage du tubercule râpé pour les cultivars amers de cette igname. Les principes amers de *D. bulbifera* comprennent un 3-furanoside norditerpène appelé diosbulbine. Ces substances sont toxiques et à l'origine d'une paralysie. Les pêcheurs utilisent quelquefois des extraits pour immobiliser les poissons et les prendre plus facilement. La toxicité est aussi parfois causée par les saponines présentes dans l'extrait. Les Zoulous utilisent cette igname comme appât pour les singes et les chasseurs malais l'emploient pour empoisonner les tigres. En Indonésie, un extrait de *D. bulbifera* sert à préparer un poison pour les flèches (Coursey, 1967).

## Le phytate

Le phytate est une substance de réserve de phosphore que l'on trouve dans les graines des végétaux et dans bon nombre de racines et tubercules (Dipak et Mukherjee, 1986). L'acide phytique a la capacité de lier le calcium, le zinc, le fer et d'autres minéraux et réduit de ce

fait leur assimilabilité dans l'organisme (Davis et Olpin, 1979; O'Dell et Savage, 1960). En outre, la formation complexe de l'acide phytique avec des protéines peut inhiber la digestion enzymatique de la protéine (Singh et Krikorian, 1982). Les carences en fer et en zinc se produisent chez les populations qui vivent de pain complet sans levain pour les quelles il représente la principale source de ces minéraux. Les carences ont été attribuées à la présence de phytates.

Récemment, Marfo et Oke (1988) ont montré que le manioc, le taro et l'igname contiennent respectivement 624 mg, 855 mg et 637 mg de phytate pour 100 g (tableau 7.4). La fermentation réduit la quantité de phytate respectivement de 88 pour cent, 98 pour cent et 68 pour cent, la réduction étant rapide pendant 48 heures mais très lente après 72 heures de transformation. Ainsi, la transformation en aliments fermentés réduira suffisamment la teneur en phytate des plantes-racines pour annuler son effet négatif. La perte de phytate en cours de fermentation est due à la phytase, enzyme naturellement présente dans les tubercules ou sécrétée par des micro-organismes de fermentation. La transformation en nbo ou en kokonte entraîne la perte de 18 pour cent seulement de phytate dans le manioc et de 30 pour cent dans le taro et l'igname (tableau 7.5). Le séchage au four réduit très peu la teneur en phytate par rapport à la fermentation. De même la cuisson a un effet sensible, aboutissant à une diminution du phytate de 62 pour cent, 65 pour cent et 68 pour cent respectivement dans l'igname, le taro et le manioc.

**Tableau 7.4 Teneur en phytate de quelques tubercules non fermentés et fermentés (mg/g)**

Echantillon	Farine non fermentée	Farines fermentées				Perte de phytate (%) <sup>1</sup>
		(24 h)	(48 h)	(72 h)	(96 h)	
Manioc	624	116	99	90	70	88,7
Taro	855	180	28	13	13	98,4
Igname	637	394	296	222	211	66,8

**1La perte de phytate (en pourcentage) est la diminution du phytate après une fermentation de 96 heures exprimée en pourcentage de 1e teneur totale en phytate** Source: Marfo & Oke, 1988.

**Tableau 7.5 Effet de la transformation sur le phytate dans le manioc, le taro et l'igname**

	Produit frais et non transformé	Produit coupé en tranches et cuit (ampesi)	Farine cuite formant une pâte (tuo, kokonte)	Poudre granuleuse sèche (gari)	Gari en pâte (éba)	Foufou (cuit et pilé)
Manioc	624	196	411	70	55	188



Perte de phytate (%) <sup>1</sup>	-	68,5	18,1	86,0	89,0	69,8
Taro	855	302	592	9	8	281
Perte de phytate (%)'	-	64,6	30,7	98,9	99,0	67,1
Ignarne	637	239	412	188	179	209
Perte de phytate (%)'	-	62,4	30,8	70,4	71,8	67,1

**1La perte de phytate (en pourcentage) est la diminution du phytate provoquée par chaque méthode de transformation exprimée en pourcentage de la teneur totale en phytate.**

**Source: Marfo & Oke, 1988.**

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

# Chapitre 8: Perspectives nouvelles de la production et de l'utilisation

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Dshydratation commerciale des plantes-racines et leur emploi](#)

[Utilisation des racines comme matières premières industrielles](#)

[Utilisation des racines dans l'alimentation animale](#)

[Production de protéines unicellulaires pour l'alimentation du bétail](#)

Ce chapitre étudie les possibilités d'élargir l'utilisation des plantes-racines dans l'agro-industrie. Le succès des efforts déployés pour accroître la production de racines tropicales et promouvoir leur emploi dans l'alimentation dépendra de la demande commerciale. Les agriculteurs ne seront pas encouragés à produire un excédent commercialisable si cela provoque un encombrement du marché, des rebuts et une baisse des prix. Les responsables politiques devraient non seulement favoriser des lignes d'action visant à accroître la consommation des racines comme aliments pour l'homme et les animaux, mais aussi apporter un appui aux activités de recherche qui étendront leur utilisation. Il faudrait mener des efforts pour lancer de nouvelles techniques faciles à utiliser par les ruraux, afin de produire une gamme d'aliments transformés à base de racines. Cette stratégie créera des emplois

et relèvera les revenus en zones rurales. En stimulant la demande, on encouragera les agriculteurs à produire plus de racines qui pourront être transformées en aliments pour animaux ou utilisées dans l'industrie. La demande peut être stimulée par le développement dans les trois grands domaines suivants:

- déshydratation commerciale des racines pour la production de flocons et de farines qui serviront à fabriquer d'autres produits alimentaires;
- utilisation des racines comme matières premières industrielles;
- utilisation des racines dans l'alimentation animale.

## Déshydratation commerciale des plantes-racines et leur emploi

La déshydratation consiste à passer à l'eau les racines pulvérisées pour enlever l'excès d'amidon, puis à les couper en tranches, les blanchir, les écraser en purée et les sécher. L'épluchage peut être effectué par immersion dans une solution alcaline à 10 pour cent ou par cuisson à la vapeur de hautes températures (150 °C) pendant peu de temps.

Le sécheur, qui peut être un échangeur de chaleur ou un sécheur à tambour, sera alimenté par des déchets agricoles comme des coques de noix de coco, qui sont abondantes et bon marché en Asie du Sud-Est. Cela réduit le taux d'humidité, qui passe de 70 à 12 pour cent. Une meilleure conservation des plantes-racines accroîtra leur assimilabilité et réduira les pertes après récolte. Le produit séché prend moins de place à l'entreposage et se conserve plus longtemps. Il est facile de le reconstituer et de le préparer pour la

**consommation, facteur particulièrement important pour les consommateurs urbains. La farine composée, dont celle d'igname, est utilisée dans des produits extrudés comme les nouilles et les macaronis. On pourrait avoir recours à des procédés similaires pour la fabrication de produits à base de farine à partir d'autres plantes-racines.**

**Ainsi transformées, les racines trouveront des utilisations plus nombreuses. La farine servira à la préparation de mélanges alimentaires pour nourrissons et de farine composée pour la panification. Les activités de recherche et de développement sur la farine composée utilisant des plantes-racines et d'autres produits locaux ont fait de très grands progrès en Colombie. Sur la base des premières recherches menées en 1971-1972, on a conclu que si les farines de riz et de maïs sont préférables comme composants autres que le blé dans la préparation des farines composées, la farine et la fécule de manioc offrent aussi de bonnes possibilités techniques. Les activités pilotes ont démontré qu'il est possible de fabriquer du pain sur une échelle commerciale avec de la farine de blé contenant jusqu'à 30 pour cent de constituants autres que le blé. Mais l'introduction massive de ces farines nécessite un effort concerté des secteurs public et privé pour que des matières premières autres que le blé soient disponibles en grandes quantités et à des prix intéressants. Une augmentation de la production de manioc et une baisse des prix sont indispensables pour que la farine composée soit économiquement intéressante pour les meuniers et les consommateurs (Goering, 1979).**

**La fabrication du pain avec de la farine composée à base de produits locaux - réduirait le coût en devises du blé importé. Ce coût est particulièrement élevé aux Philippines où**

une usine a été implantée pour transformer chaque jour 5 000 kg de patates fraîches en farine. Le pain fait à partir de cette farine contiendra davantage de calories, de vitamine A et de lysine que le pain de froment et permettra de garder des devises. S'il peut être vendu à un prix réduit, il contribuera à l'amélioration de l'état nutritionnel de la population. Taylor (1982) a estimé que les profits en espèces revenant aux agriculteurs producteurs de matières premières pour cette usine pourraient considérablement augmenter avec un marché garanti. Le marché étant garanti et la culture financée, la promotion de la patate comme culture de rapport sera plus facilement acceptée.

Les racines fraîches sont rarement exportées en grandes quantités à cause de leur forte teneur en eau et de leur nature périssable. Le taro est exporté en petites quantités de Fidji, du Samoa-Occidental, des Tonga et des Îles Cook vers les États-Unis, la Nouvelle-Zélande et l'Australie pour les Polynésiens et les Mélanésiens immigrants. Des ignames sont aussi exportées d'Amérique latine et d'Afrique pour les immigrants d'Europe, mais il s'agit de faibles quantités et les prix en sont élevés.

## Utilisation des racines comme matières premières industrielles

Presque toutes les féculles produites dans le monde sont extraites soit des céréales (maïs, sorgho, blé, riz), soit des principales plantes-racines (pomme de terre, patate, manioc, arrow-root) ou encore de la moelle du sagoutier. Si les féculles tirées de ces divers végétaux varient légèrement dans leurs propriétés physiques et chimiques, elles peuvent être substituées l'une à l'autre pour toute une gamme d'emplois finals. La fécule de manioc

**peut concurrencer d'autres fécules et les prix relatifs, la qualité et la régularité des approvisionnements sont des facteurs fondamentaux dans la détermination des parts de marché (Goering, 1979).**

**Les racines de manioc peuvent être transformées en fécule commerciale pour l'emploi dans l'industrie alimentaire, l'industrie textile et celle du papier. En tant que denrée alimentaire, la fécule peut être hydrolysée par les acides et les enzymes en dextrines et sirops de glucose, mais la fécule de maïs est souvent offerte meilleur marché pour ces utilisations. La saveur douce de la fécule de manioc, sa faible teneur en amylose, sa tendance à ne pas régresser, son excellente résistance à la congélation-décongélation répétées la rendent bien adaptée à l'industrie alimentaire. Une modification simple de la fécule de manioc par liaison transversale, ou l'emploi de mélanges fécule de maïs/manioc en font un produit idéal pour la préparation de nombreux aliments prêts à consommer. La fécule extraite du taro a été recommandée comme diluant dans l'industrie chimique et pharmaceutique, et comme agent porteur dans la fabrication de cosmétiques comme la poudre de riz. Son grain est semblable à celui de l'amidon de riz qui est couramment utilisé ces fins.**

**La fécule de manioc est fabriquée en Thaïlande, au Brésil et en Malaisie et exportée principalement au Japon et aux Etats-Unis. En 1975, les exportations avaient atteint environ 100 000 tonnes par an, pour une valeur de quelque 30 millions de dollars des Etats-Unis, la Thaïlande contrôlant à peu près 50 pour cent du marché. En Thaïlande des féculeries de différentes dimensions ont été implantées, parmi lesquelles une soixantaine de**

petites unités pouvant traiter chacune 2 à 3 tonnes d'amidon par jour, un nombre égal d'usines modernes produisant 30 à 60 tonnes par jour et quelques grandes usines dont la capacité atteint 100 à 150 tonnes par jour. Au total, la production annuelle de ces fabriques s'élève à environ 800 000 tonnes, dont 700 000 sont produites dans des établissements modernes. En Thaïlande, une grande proportion de la fécule de manioc produite peut être utilisée par les industries locales, et le reste est exporté vers d'autres pays qui possèdent des industries textiles.

Dans plusieurs pays, l'industrie traditionnelle de la fécule approvisionne les utilisateurs locaux et constitue un marché d'accès facile pour les petits agriculteurs producteurs de racines tropicales. Elle fournit aussi de nombreux emplois non agricoles. Les usines sont généralement de petite taille (une tonne de racines brutes traitées par heure), sont équipées d'un matériel fabriqué localement et ont recours à des procédés de sédimentation rudimentaires qui fournissent un produit de qualité variable. Cette industrie locale a souvent du mal à rivaliser avec les grandes usines semiautomatisées (traitant jusqu'à 20 tonnes par heure) ou avec des usines utilisant comme matière première des céréales, parfois impotées à bas prix. Si l'on considère que c'est normalement l'industrie des granulés qui fixe les prix des racines de manioc, il n'est guère possible de baisser le prix de la fécule pour rendre les exportations plus compétitives. La capacité excédentaire de l'industrie de la fécule en Thaïlande place le pays en bonne position pour couvrir les besoins de tous les nouveaux marchés à travers le monde. L'exportation éventuelle de fécule de racines est moins attrayante pour d'autres pays en développement

qui ne se sont pas encore établis sur le marché (Goering, 1979).

La fécule peut être hydrolysée en glucose et utilisée comme edulcorant. Les féculles provenant des plantes-racines sont souvent plus chères que celles tirées de céréales comme le riz ou le maïs. L'augmentation de la production pourrait réduire les coûts de la fécule de racines et la rendre plus compétitive. La figure 8.1 présente sous forme de diagramme un exemple de système agro-industriel pour l'utilisation du manioc.

La fermentation de la levure de l'extrait de fécule hydrolysée de manioc ou d'autres végétaux donne un bon rendement d'alcool éthylique absolu, qui peut servir de diluant, mélangé (jusqu'à 20 pour cent) à des combustibles à base de pétrole, sans endommager le carburateur des moteurs à essence. Le Brésil a lancé le Programme national alcool en 1975 pour produire de l'alcool éthylique à partir de matières premières agricoles, principalement la canne à sucre. La technique est maintenant bien au point et la production a commencé. Le coefficient de conversion fécule/alcool est de 1,76 kg de fécule pour un litre d'alcool. La canne à sucre est la plante qui fournit le plus d'énergie pour la production d'alcool, mais on emploie de plus en plus la fécule de manioc car elle peut être produite dans des conditions ne convenant pas à la canne à sucre. On a estimé le coût pour la production à partir du manioc à 0,57 dollar par gallon en 1978. Au Brésil, PETROBRAS a été le premier à installer à titre d'essai une grande usine pour fabriquer de l'alcool à partir du manioc, avec une capacité de production à plein régime de 60 000 litres par jour. Les premiers résultats ont été compromis par l'insuffisance de la matière première et les prix élevés des racines de manioc par rapport au prix de l'essence fixé par



le gouvernement. Lors des premiers essais, 30 000 litres d'alcool ont été produits pour la spécification. Doubler le rendement du manioc rendrait le procédé plus économique. Cela conduirait à une production accrue de manioc et à son emploi comme source d'énergie renouvelable (Hammond, 1977).

### Figure 8.1 Système agro-industriel pour le manioc

Des plans sont à l'étude en Indonésie pour la mise en place de plusieurs fabriques d'alcool commercial à base des matières premières provenant de la patate, du manioc et de la canne à sucre. Une attention particulière sera accordée à la production de patates car elles sont récoltées deux fois par an tandis que le manioc ne l'est qu'une seule fois (Yang, 1982). Avec les marchés garantis, les agriculteurs sont encouragés à produire davantage de racines.

La fermentation de fécules commerciales avec *Clostridium acetobutylicum* rend environ 30 pour cent du poids sec de fécule des solvants mélangés composés de butanol, d'acétone et d'alcool éthylique, dont on peut tirer des produits purs par distillation. Un procédé utilisant des cultivars de manioc à haut rendement comme source de fécule pourrait être financièrement intéressant.

Certaines plantes-racines ont un très grand potentiel pharmaceutique qui n'a pas encore été exploité dans les pays en développement. L'igname contient des sapogénines stéroïdiennes qui sont de bons amorçeurs pour la préparation de la cortisone et de

médicaments dérivés. Au Mexique, différentes espèces sauvages de *Dioscorea*, notamment *D. mexicana*, contiennent de bonnes quantités de sapogénines, renfermant un pourcentage élevé de la matière sèche, et elles peuvent être transformées en progestérones intermédiaires. D'autres espèces sont de bonnes sources de diosgénine, amorceur pour la fabrication de corticostéroïdes. Les contraceptifs oraux à base de progestérogène sont maintenant largement utilisés pour le contrôle des naissances dans plusieurs pays tropicaux. On pourrait les fabriquer dans ces pays avec les matières locales. Cette possibilité a fait l'objet d'une étude approfondie par Oke (1972).

Certaines espèces de *Dioscorea* cultivées en Asie du Sud-Est contiennent des saponines toxiques. Les autochtones en font un shampoing médicamenteux qu'ils utilisent pour éliminer les poux. On s'en sert aussi pour fabriquer une poudre insecticide, ayant le même effet que la poudre de derris, employée pour détruire les parasites du riz dans les rizières en Malaisie. *D. cirrhosa* renferme suffisamment de tanin pour trouver un usage commercial. Certains cultivars de *D. alata* contiennent de 6 à 38 pour cent de tanin qui est utilisé en Asie du Sud-Est pour tanner les filets de pêche et à Taiwan pour tanner le cuir, auquel il donne une couleur rouge (Coursey, 1967).

Un grand nombre d'usages médicaux traditionnels de certaines espèces de *Dioscorea* parmi les populations africaines, chinoises et asiatiques ont été découverts par tâtonnements. Les Zoulous utilisent un extrait de *D. sylvatica* pour le traitement des troubles utérins et mammaires chez les bovins. Il faut poursuivre les travaux de recherche dans ce domaine. Mis à part l'aspect théorique, les applications pratiques en pharmacie et en médecine

pourraient avoir une portée considérable comme dans le cas de la racine de sénéga, *Rauwolfia serpentina* Beuth. Celle-ci a été employée pendant des années dans la médecine traditionnelle indienne. Elle contient de la reserpine dont la médecine moderne fait un large emploi.

[Continue](#)

---

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Utilisation des racines dans l'alimentation animale

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

Un facteur limitant le développement des productions animales dans de nombreux pays en développement est le coût de l'importation des aliments pour animaux, qui augmente considérablement et cause des variations dans les taux de change des monnaies locales par rapport aux marchés internationaux. Les coûts de ces aliments ayant augmenté, les produits d'origine animale sont devenus très chers. S'il était possible de remplacer une partie des aliments par des racines comme le manioc, une partie de la ration de maïs pourrait servir à l'alimentation humaine. Le tableau 8.1 compare la valeur nutritive de différents

**produits dérivés du manioc avec le sorgho et le maïs, comme composants d'aliments pour animaux. La racine de manioc se caractérise par une faible teneur en protéines et en fibres et une forte teneur en glucides solubles (grande digestibilité). Les bouts, les tiges et les feuilles du manioc peuvent aussi servir pour l'alimentation animale et sont relativement riches en protéines utilisables.**

**Au Canada, le Centre de recherches pour le développement international a financé une série d'études sur l'emploi du manioc comme aliment pour animaux. Sur la base des résultats obtenus, il est recommandé de remplacer le maïs par du manioc dans les rations équilibrées données aux porcs, dans des proportions allant jusqu'à 40 pour cent, sans effet nuisible, et dans la proportion de 30 pour cent dans les rations des volailles.**

**Tableau 8.1 Comparaison de la valeur nutritive de différents produits à base de racines de manioc avec celle du sorgho et du maïs (en pourcentage)**

	Cossettes de manioc	Farine de manioc	Résidus de manioc (frais)	Fécule de manioc	Sorgho	Maïs (moulu)
<b>A l'état frais</b>						
Humidité	11,7	11,2	80,0	14,9	11,9	18,4

Protéines brutes	1,9	2,6	0,4	0,3	7,8	9,4
Fibres brutes	8,0	8,6	1,6	0,1	2,0	1,9
Glucides solubles	80,5	78,9	17,6	84,4	74,6	70,1
Extrait d'éther	0,72	0,55	0,10	0,10	2,32	8,e4
Cendres	2,17	6,10	0,30	0,20	1,65	1,62
<b>Séchés</b>						
Total matière sèche	88,3	88,6	20,0	85,1	88,1	86,6
(rapport à la matière sèche)	2,1	2,9	2,0	0,4	8,5	10,0
<b>Éléments nutritifs digestibles</b>						
Protéines brutes	1,8	1,7	0,1	0,2	89,0	7,4
Fibres brutes	2,8	4,8	1,8	0,1	1,1	0,7
Glucides solubles	78,9	72,4	9,9	86,3	48,5	64,5
Extrait d'éther	0,36	0,28	0,10	0,10	1,35	2,18
<b>Coefficient de digestibilité utilisés.</b>						
Protéines brutes	-	-	-	66	52	-
Fibres brutes	-	-	-	100	87	-
Glucides solubles	-	-	-	99	65	-

Extrait d'ether	-	-	-	100	58	-
Equivalent en fécule	83,2	78,7	11,8	84,1	89,5	78,2
Valeur nutritive	63,1	45,5	114,3	419,6	1,4	8,9

Source: H.K. Lim, 1967.

**Tableau 8.2 Rendement des poulets de chair avec les rations les moins chères contenant différentes quantités de farine de manioc**

	Farine de manioc dans les rations (%)			
	0	20	30	Ecart type1
Poulets à la fin de l'essai (nombre)	141	140	137	
Mortalité1	4.7	5.4	7,4	
Poids corporel moyen/poulet (kg)				
7 semaines	1,69	1,75	1,63	0,05
8 semaines	2,01	2,08	1,97	0,08
Aliments consommés/poulet (kg)				
0-7 semaines	3,64	3,69	3,58	0,13
0-8 semaines	4,61	4,74	4,57	0,18

Conversion alimentaire <sup>3</sup>				
0-7 semaines	2,20	2,15	2,24	0,04
0-8 semaines	2,34	2,33	2,36	0,04

**1Ecart type moyen = variance de l'erreur.**

**2Nombre initial de poules par traitement: 148 avec un poids corporel moyen de 36,3 +(-) 5 g.**

**3Unités d'aliments consommés par unité de gain de poids corporel.**

**Source: Gomez et al.,1984.**

En Colombie, Gomez et al. (1984) ont signalé que lorsqu'on a remplacé 0 à 30 pour cent du maïs par du manioc dans la ration des poulets de chair, il n'y a eu de différence sensible à aucun niveau du rendement, mais la substitution à 20 pour cent a été la plus économique. Il a fallu 215 kg d'aliments pour produire 100 kg de poids vif avec une substitution à 20 pour cent, contre respectivement 200 kg et 224 kg pour l'aliment au maïs et la substitution à 30 pour cent comme le montre le tableau 8.2. Les rations riches en manioc conviennent mieux à la production de poulets de chair qu'à celle de poules pondeuses. La production et la qualité des œufs peuvent être affectées négativement par les déséquilibres nutritionnels associés aux rations contenant beaucoup de manioc.

**Tableau 8.3 Rendement des porcs en fin de croissance nourris avec les rations les moins chères contenant des quantités variables de farine de manioc<sup>1</sup>**

	Farine de manioc dans les rations (%)			
	0	20	30	Ecart type <sup>2</sup>
Porcs/groupe (nombre)	113	12	12	
Poids final moyen/porc (kg)	89,9	94,7	91,1	2,20
Gain journalier moyen (kg)	0,77	0,82	0,78	0,02
Ration journalière moyenne (kg)	2,55	2,77	2,54	0,06
Conversion alimentaire	3,39	3,37	3,31	0,10

<sup>1</sup>Poids initial moyen: 20,0 (+/-) 1,3 kg. Durée de l'essai 91 jours.

<sup>2</sup>Ecart type moyen = variance de l'erreur.

<sup>3</sup>Un porc x 2 est éliminé au cours des deux premières semaines de l'essai.

Source: Gomez et al., 1984.

Pour ce qui concerne les porcs (tableau 8.3), le rendement s'est progressivement amélioré mesure que la portion de manioc dans la ration alimentaire augmentait. Ainsi, il a fallu 339 kg d'aliments pour produire 100 kg de poids avec du maïs seulement, mais il a fallu respectivement 337 kg et 331 kg avec 20 et 30 pour cent de manioc donné en remplacement du maïs. Dans l'appréciation économique des rations, celles des poulets de chair les moins coûteuses contenant 20 pour cent de farine de manioc ont donné les meilleurs rendements, alors que la rentabilité a augmenté avec le pourcentage de farine de manioc dans les essais sur les porcs (tableau 8.4), et que ceux qui comprenaient une substitution de manioc 20



**pour cent se sont révélés les plus économiques.**

Etant donné la valeur potentielle du manioc comme fournisseur d'énergie aux bovins laitiers, il a été utilisé dans un grand nombre d'expériences comme la principale source d'énergie, avec pour résultats des rendements de lait et de matières grasses plus élevés, et des gains de poids vif (Pineda et Rubio, 1972). Des résultats semblables ont été obtenus avec de jeunes bovins de boucherie auxquels on a donné des aliments concentrés du commerce et des rations à base de manioc: leur croissance a été beaucoup plus rapide que celle des sujets nourris de son ou de maïs et d'épis de maïs.

**Tableau 8.4 Appréciation économique des essais des volailles et des porcs<sup>1</sup>**

	Farine de manioc dans les rations (%)		
	0	20	30
<b>Essai sur les volailles - lot de 1 000 poulets de 7 semaines</b>			
Poulets et coûts fixes <sup>2</sup>	48 600	48 600	48 600
Coût des aliments	74 310	77 060	74 580
Intérêt sur le fonds de roulement <sup>3</sup>	9 218	9 425	9 239
<b>Dépenses totales</b>	<b>132 128</b>	<b>135 085</b>	<b>132 419</b>

Poules vivants ♦ \$Col 100/kg			
+ liti♦re (\$Col 220)	161 770	167 470	152 810
Profit net	29 642	32 385	20 391
Profit, en pourcentage des d♦penses	22,4	24,0	15,4
<b>Essai sur 1 les porcs - lot de 10 porcs</b>			
Porcs sevr♦s ♦ \$Col 170/kg	33 830	34 170	34 000
Co♦ts fixes (estimation)	7 550	7 550	7 550
Co♦t des aliments	42 270	44 239	39 983
Int♦r♦t sur le fonds de roulement	8 365	8 596	8 153
D♦penses totales	92 015	94 555	89 686
Porcs vivants ♦ \$Col 120/kg	108000	114000	109200
Profit net	15 985	19 445	19 514
Profit, en pourcentage des d♦penses	17,4	20,6	21,8

**1 On a utilis♦ dans ces calculs les r♦sultats des ♦valuations biologiques. Les chiffres sont donn♦s en pesos colombiens.**

<sup>2</sup>Dont \$ Col 28 800 et 5 Col 19 800 respectivement pour le coût de 1000 poussins d'un jour et 1€ coûts fixes pour les élever.

<sup>3</sup>Voir les explications dans le texte.

Source: Gomez et al., 1984.

Montilla et al. (1975) ont fait état des meilleurs rendements obtenus avec des taureaux auxquels on a donné des rations contenant 40 pour cent de manioc au lieu des rations de farine de maïs. Devendra (1977) a présenté des résultats similaires pour les caprins et les ovins, le manioc renforçant l'utilisation de l'azote et donc sa conservation.

Mattei (1984) a conçu une machine pour la fabrication de cossettes de manioc pour animaux. Un des modèles est actionné par un moteur électrique et l'autre par un moteur essence deux ou quatre temps, chacun pouvant produire une tonne de cossettes de manioc par heure. On fait sécher les cossettes sur des moustiquaires d'aluminium soutenues par un grillage tendu sur un cadre de bois solide. On les entrepose ensuite dans un endroit bien ventilé pour éviter la formation de moisissures. L'aspect économique du procédé est positif. On trouvera une bonne analyse des techniques simples de transformation des plantes-racines dans une publication du Fonds de développement des Nations Unies pour la femme (UNIFEM) intitulée Root crop processing, 1989.

Certains travaux ont aussi fait état de l'utilisation de la patate pour l'alimentation animale. Yang (1982) l'a jugée satisfaisante comme aliment pour les chevaux, les mulets et les porcs,

ainsi que pour les vaches en lactation, associée de la farine de maïs, et pour les volailles en remplacement du maïs dans la proportion de 25 pour cent. Yeh et al. (1978) ont remarqué que l'énergie digestible et l'énergie métabolisable représentent 91 pour cent de celles du maïs, et l'énergie nette environ 79 pour cent de celle du maïs comme aliment pour les porcs. La patate n'est pas de valeur égale au maïs en ce qui concerne la quantité ou la qualité des protéines ou de l'énergie digestibles. Les résultats figurant au tableau 8.5 montrent que la patate comme produit de remplacement dans des proportions inférieures à 25 pour cent donnera un meilleur résultat que le maïs seul, mais que dans des proportions voisines de 25 pour cent, le gain de poids et le rendement seront analogues à ceux du maïs. La digestibilité de l'amidon et de l'azote a été améliorée par le soufflage des cossettes et par l'élimination de l'inhibiteur de trypsine qui aurait pu contribuer à une réduction de la valeur alimentaire, mais cela a entraîné aussi une diminution de l'assimilation de la lysine. Une amélioration sensible a été constatée dans le rendement du porc nourri avec l'aliment soufflé par rapport au rendement avec des chips de patate non traitée. Le résultat est comparable à la ration de maïs, qui a amélioré la qualité et le pourcentage des morceaux maigres, en particulier avec une substitution dans la proportion de 50 pour cent.

**Tableau 8.5 Rendement des porcs engraisés avec des rations contenant des proportions différentes de maïs et de chips de patate**

Régime alimentaire			

<b>Maïs dans les rations (%)</b>	<b>Chips de patate dans les rations (kg)</b>	<b>Gain par jour (kg)</b>	<b>Aliment<sup>1</sup> gain (kg/kg)</b>	<b>Source</b>
65 - 83	0	0,53	3,93	Koh et al, 1960
0	56 - 72	0,37	4,79	
30 - 39	30 - 39	0,48	3,83	
63 - 81	0	0,65 ab	3,38	Tai & Lei,1970
45 - 58	15 - 20	0,66 a	3,37	
29 - 37	29 - 37	0,62 b	3,54	
14-18	42-54	0,58 c	3,74	
0	54 - 68	0,56 d	3,81	
72 - 84	0	0,60 a	3,08 b	Yeh et al, 1979
35 - 41	35 - 41	0,48 c	3,84 b	
0	69 - 81	0,44 e	4,08 a	
69 - 75	0	0,69 a	2,95 b	Yeh et al, 1980
0	63 - 68	0,60 c	3,37 a	
33 - 36	33 - 36	0,66 b	3,13 b	
72 - 84	0	0,56	3,14	Lee & Lee,1979

35 - 41	35 - 41	0,49	3,71	
0	69 - 81	0,48	3,80	

<sup>1</sup>Les valeurs dans une même colonne suivies par différentes lettres présentent de très grand" différences ( $P < 0,01$  ou  $P < 0,05$  Source: Yeh, 1982.

Chen et al. (1979) ont évalué l'efficacité de la gélification de la fécule de patate enrichie d'urée et ont constaté que les bovins nourris de tourteaux de soja donnaient un meilleur rendement que ceux nourris avec de la fécule de patate enrichie d'urée ou d'urée seulement. Pour ce qui est de la digestibilité de la matière sèche, des protéines brutes, des fibres brutes et de la conservation de l'azote, elles étaient les mêmes dans la fécule de patate enrichie d'urée et dans le tourteau de soja. Le tableau 8.6 résume les différents résultats obtenus en utilisant la patate pour différents bovins; ces résultats indiquent que le remplacement du maïs par des patates déshydratées dans les aliments des vaches laitières peut donner autant de lait (91-100 pour cent) que le maïs seul (Mather et al., 1948; Frye et al., 1948). Quand on utilise la variété à chair orange, le lait contient davantage de vitamine A et 30 pour cent de plus de bêta-carotène que le lait produit en utilisant seulement du maïs, ce qui est un avantage supplémentaire. Southwell et Black (1948) ont observé que les bovins nourris avec des rations normales ont gagné 1,07 kg par jour contre 1,17 kg et 0,98 kg par jour quand la moitié ou la totalité du maïs ont été remplacés par des patates. Le rapport aliment/gain de poids était de 9,51, 9,31 et 9,22 respectivement. Massey (1943) a constaté au cours d'un essai sur trois ans que le remplacement du maïs par

des patates a conduit à une augmentation de la production de viande chez l'agneau. Lee et Young (1979) ont signalé que des poulets nourris avec des rations dans lesquelles 24 pour cent du maïs étaient remplacés par des patates prenaient autant de poids qu'avec des rations composées uniquement de maïs, sans différence importante dans la qualité de la carcasse, et que le jaune d'oeuf contenait plus de vitamine A.

**Tableau 8.6 Comparaison valeur des patates avec celle du maïs dans différents essais d'alimentation**

Animal	Remplacement du maïs	Comparaison des valeurs	Paramètre comparé
Poussins (sous leveuse)	Jusqu'à 60%	p.d.s.	Gain de poids
Bovins	100% racines, parures	80%	Gain de poids
Bovins	50%	p.d.s.	Gain de poids
Bovins laitiers	100%	p.d.s.	Production de lait
Bovins laitiers		91%	Production de lait
Bovins laibers		88%	Production de lait
Bovins laitiers	50%	97%	Production de lait

Agneaux, jeunes boeufs Poussins	100% 10 ou 20%	92% p.d.s.	Digestibilité Gain de poids
Bovins laitiers	100%	p.d.s.	Production de lait

**p.d.s. - pas de différence substantielle**

**Source: Yeh & Bouwkamp, 1985.**

[Continue](#)

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

**Production de protéines unicellulaires pour l'alimentation du bétail**

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

En tant qu'aliment complémentaire pour le bétail, les plantes-racines seraient de bons substrats pour un grand nombre de micro-organismes. Dans des conditions optimales partant de 100 kg de patates contenant 6,9 kg de protéines, une gamme d'espèces de Fungi imperfecti pourrait produire 8,12 kg de mycélium séché, et un résidu de tissus de patates



inutiles pour l'alimentation du bétail contenir environ 31,6 kg de protéines, c'est-à-dire que la concentration de protéines peut quadrupler. L'analyse a montré que le mycélium contient plus de lysine, d'histidine, de tryptophane, de méthionine et de tyrosine que de caséine (Gray et Abou-el-Seoud, 1966). Dawson et al. ( 1951 ) ont constaté que les eaux usées des féculeries pourraient être utilisées comme milieu pour la multiplication de la levure *Torulopsis utilis*. En ajoutant de l'hydroxyde d'ammonium comme source d'azote, on pourrait obtenir une tonne de levure sèche contenant 50 pour cent de protéines à partir de 100 tonnes de poids frais de patates transformées pour obtenir de la fécule. Des résultats similaires ont été rapportés pour le taro et le manioc. La production de protéines unicellulaires pour l'alimentation des animaux a atteint presque 1 million de tonnes par an en URSS, et plusieurs usines d'une capacité de 500 000 tonnes par an sont en construction ailleurs. Une usine pilote du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), en Colombie, utilisant du manioc comme substrat, fabrique un produit séché ayant une teneur en protéines brutes de 28 pour cent. Ce produit séché final a été incorporé dans l'alimentation de rats en phase de croissance pour déterminer la valeur nutritive de la protéine non enrichie. Les gains de poids totaux sur une période d'essai de 28 jours ont été minimales avec les régimes fondés sur cette substance. Avec la méthionine en complément, les gains de poids corporel ont été les mêmes qu'avec la caséine. Il n'est pas encore certain que les petites usines soient techniquement et économiquement valables, car au moins 60 pour cent des coûts de production sont constitués par les coûts de la matière première.

Un facteur important nécessitant de nouvelles études est le risque pour la santé des individus continuellement exposés aux spores du micro-organisme employé pour la fermentation. Il est également indispensable d'examiner les effets sur les animaux nourris avec la protéine unicellulaire. A ce jour, les résultats des recherches n'ont pas fait état d'effets négatifs (Goering, 1979).

---

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Chapitre 9: La sécurité alimentaire des pays en développement

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Obstacles à la production](#)  
[Conclusion](#)

La sécurité alimentaire a été définie par le Comité de la sécurité alimentaire mondiale

(FAO) comme l'accès matériel et économique aux aliments, en tout temps et par tous les hommes. Cela implique que des aliments devraient être disponibles toute l'année pour soutenir l'énergie et la santé des ménages, et pour couvrir les besoins nutritionnels. A la disponibilité des aliments doit s'ajouter la capacité de chaque ménage à les acheter. Les produits alimentaires doivent être offerts à des prix raisonnables, notamment pour les pauvres. Un système de sécurité alimentaire devrait fonctionner comme une banque d'aliments durant les périodes de mauvaises récoltes, de catastrophes naturelles et d'hostilités intérieures ou extérieures.

Durant les pénuries alimentaires saisonnières ou de niveau national, les groupes courant des risques du point de vue nutritionnel comprennent les familles rurales et urbaines pauvres, sans terre ou ne possédant qu'un petit lopin et ayant des ressources limitées pour faire face aux besoins nutritionnels des nourrissons et des femmes enceintes vulnérables. Pour garantir à ces groupes l'accès à la nourriture, il faudra accroître leurs possibilités de mener des activités rémunératrices et leur fournir des denrées alimentaires de base en quantités suffisantes et à des prix raisonnables.

C'est par des mesures prises au niveau local pour relever la production des aliments de base consommés sur place que l'on pourra le mieux assurer la sécurité alimentaire des ruraux. La production d'un excédent alimentaire, pour faire face à la demande des marchés garantis, fournira un revenu supplémentaire aux producteurs, et des disponibilités alimentaires accrues qui pourront être transformées en produits prêts à consommer pour les zones urbaines.

Les familles les plus nécessiteuses désireront accroître la production si la promotion est axée sur des aliments constituant la base de leur alimentation. L'idéal serait que ces aliments soient adaptés aux systèmes agricoles existants, et soient propres à assurer un fort rendement de la terre et du travail, compte tenu des difficultés dues aux précipitations imprévisibles et aux apports limités de capitaux.

Étant donné la situation d'un certain nombre de pays, les racines et les tubercules présentent beaucoup d'avantages en tant que cultures vivrières pour la sécurité alimentaire des ménages, le manioc étant peut-être la plus importante.

Le manioc est déjà un aliment de base sous les tropiques, où il subit de nombreuses transformations. Il offre de nouvelles possibilités pour l'amélioration des rendements et la transformation en un plus grand nombre de produits prêts à consommer, mais il est nécessaire de mener des recherches sur les technologies alimentaires afin de concevoir un petit équipement approprié à leur fabrication.

Transformer les plantes-racines en aliments prêts à consommer améliorera leur acceptation par la population urbaine. Cela ouvrira de nouveaux marchés, encourageant ainsi l'accroissement de la production de racines. La consommation d'aliments transformés à base de produits locaux pour remplacer les denrées importées permettra aussi d'économiser des devises.

La malnutrition a un caractère saisonnier bien marqué dans de nombreux pays. La période

de famine est raccourcie par la sélection des cultures et des variétés qui prolonge la période de la moisson, et par la polyculture qui étale les risques. La sécurité alimentaire est améliorée par la culture de plantes résistantes à la sécheresse, qui sont produites comme réserves alimentaires.

Quand la sécheresse se prolonge, le manioc est souvent la seule culture qui survit. Transformé en gari dans de bonnes conditions, c'est un aliment sain qui se conserve bien pendant un an. Dans le Pacifique Sud, notamment en Fidji, les produits fermentés à base de manioc sont conservés pendant des mois, voire des années, dans des fosses creusées dans le sol, et utilisés en cas de besoin. A l'occasion, on peut aussi laisser en terre pendant trois ans des plantes de manioc mûres. Toutefois, cela diminue la superficie réelle disponible pour les cultures successives, et réduit aussi l'aptitude à être transformées de la plupart des variétés de manioc. Les plantes-racines peuvent fournir des aliments à consommer avant la moisson. Au Nigeria, le manioc est généralement planté à la fin de la rotation, puisqu'il donne d'assez bons rendements sur des sols appauvris.

Le manioc cultivé comme réserve alimentaire peut ne pas être récolté si les approvisionnements alimentaires des familles sont abondants. Ce végétal produit énormément de biomasse sous forme de racines, tiges et feuilles qui pourraient être incorporées dans des mélanges d'aliments équilibrés pour le petit bétail, par exemple pour les porcs. La possession de quelques têtes de bétail permet de faire la soudure en période de disette, car leur vente permet d'acheter des aliments d'appoint.

Pour Rosling (1987), le manioc est la **Cendrillon des pauvres**, du fait que sa diffusion rapide en Afrique a conduit originellement à une amélioration de la productivité agricole et a prévenu des famines potentielles dans certaines zones. Ce rôle important disparaîtra si la productivité agricole en Afrique continue de baisser. La pression démographique sur la terre entraîne un raccourcissement de la période de jachère. L'absence de rotation des cultures entraîne une augmentation des maladies et des infestations de parasites, d'où des rendements plus faibles. Il est indispensable d'améliorer les systèmes agricoles ou d'en créer de nouveaux afin d'accroître la productivité et d'assurer et maintenir la fertilité des sols. Cela permettra aux agriculteurs d'obtenir de bons rendements et, avec une politique de soutien judicieuse de l'État, des racines seront disponibles toute l'année à des prix raisonnables. Comme l'énergie alimentaire disponible est encore limitée dans de nombreux pays tropicaux, l'adoption effective d'une telle politique assurera des ressources énergétiques supplémentaires pour améliorer la santé des groupes défavorisés.

Dans de nombreux pays tropicaux, la majorité de la population vit en milieu rural et pratique une agriculture de subsistance. Parmi les principales plantes cultivées pour l'autoconsommation figurent les racines. Les responsables politiques considèrent souvent les racines comme des aliments bon marché destinés aux pauvres, et orientent les agriculteurs en priorité vers les grandes céréales. On compte sur ces dernières pour augmenter la production vivrière locale, comme cela a été le cas pendant la révolution verte en Inde. Mais cela n'est pas toujours possible faute d'intrants et de l'absence d'une infrastructure de commercialisation. Par ailleurs, des précipitations régulières sont aussi

une condition préalable à l'implantation réussie de la culture du riz, du blé ou du maïs. Si les pluies sont insuffisantes, la sécurité alimentaire locale peut dépendre d'aliments de base traditionnels résistants à la sécheresse comme le sorgho, le mil et le manioc.

**Tableau 9.1 Comparaison entre les rendements de la patate en stations expérimentales et les rendements moyens nationaux**

Pays	Rendement potentiel	Rendement à l'exploitation (#hz)	Ecart entre les rendements	Amélioration possible(%)
<b>Tropicaux</b>				
Inde	37	7	30	428
Philippines	35	5	30	600
Nigeria	32	13	19	146
<b>Tempérés</b>				
Japon	35	21	14	75
Corée	43	23	20	115
Etats-Unis	45	13	32	246

**D'après les rendements obtenus en stations expérimentales. Moyenne nationale pour 1979.**

**Source: FAO, 1980.**

Dans certaines régions d'Asie, les cultures irriguées sont déjà bien établies, des engrais et des pesticides sont disponibles et les conditions se prêtent à l'introduction de variétés de céréales à haut rendement. Par ailleurs, ces pays ont aussi leurs propres racines locales dont les rendements pourraient être considérablement améliorés par la sélection de variétés et un apport accru de facteurs de production. Un système de production ou de consommation fondé uniquement sur deux ou trois cultures vivrières est extrêmement vulnérable et risque d'être nutritionnellement déséquilibré. Cultiver des racines et des tubercules en plus des céréales renforce la sécurité alimentaire et permet de varier et d'améliorer l'alimentation.

Villareal (1982) a choisi la patate comme exemple pour illustrer le potentiel productif des plantes-racines. Les rendements en stations d'essais sont jusqu'à 600 fois supérieurs aux rendements à l'exploitation (tableau 9.1). On retrouve également le même fait pour d'autres plantes-racines.

Malheureusement, ces plantes n'acquièrent de l'importance qu'en périodes de guerre, de calamités ou de famine. Cependant, les agriculteurs connaissent déjà bien ces cultures de base qui sont sous plusieurs aspects des cultures idéales pour assurer la sécurité alimentaire sous les tropiques. Elles s'accroissent très bien des sols appauvris par le raccourcissement des périodes de jachère et la pression démographique exercée sur la terre et offrent, comme dans le cas du manioc, une bonne résistance à la sécheresse.



se développant dans les zones arides. La transformation des racines pourrait aussi créer une industrie familiale ouverte aux femmes rurales. Certaines racines peuvent être récoltées en partie, si besoin est, durant le cycle végétatif de 70 à 90 jours, mais il est préférable d'attendre au moins 120 jours.

Dans de nombreuses régions de plaine en Papouasie-Nouvelle-Guinée, les précipitations et l'agriculture de subsistance ont un caractère saisonnier marqué. Les variations saisonnières dans les disponibilités alimentaires sont considérablement réduites par la culture du taro. Comme l'indique la figure 9.1, deux espèces de taro, *Colocasia* et *Xanthosoma*, se complètent l'une l'autre en fournissant des calories pendant la période de végétation. La banane aussi, en tant que source de calories en toutes saisons, aide à régulariser les approvisionnements et assure la sécurité alimentaire des ménages tout au long de l'année.

Chandra (1979) a calculé l'énergie dépensée par une culture pour utiliser les ressources afin de donner un rendement dans un système de culture donné à Fidji. Il a obtenu des valeurs relatives de 66 pour l'igname, 60 pour la patate, 52 pour le manioc et 21 pour le taro, tandis que d'autres cultures pratiquées sur la même exploitation, dont le maïs, le riz, les légumes secs et les légumes, ont donné des chiffres beaucoup plus bas, indiquant que les rendements par rapport à la dépense d'énergie étaient plus élevés avec les plantes-racines, dans ses conditions expérimentales.

Comme on l'a montré précédemment, la patate peut fournir plus de calories par unité de

surface que les céréales et la plupart des autres cultures, à l'exception de la canne à sucre. Pour ce qui est des recettes brutes par hectare, la pomme de terre est la plus rentable comme le montre le tableau 9.2 (Horton et al., 1984) avec 1 500 dollars/ha, suivie de près par l'igname (1 469 dollars); viennent ensuite la patate, le manioc et le taro avec des chiffres inférieurs, en raison de leurs prix et de leurs rendements relativement bas. Les céréales enregistrent des recettes inférieures allant de 366 dollars/ha pour le riz à 177 dollars/ha pour le sorgho, confirmant la supériorité des racines pour ce qui est des recettes brutes par unité de terre. Le manioc, l'igname, la pomme de terre et la patate sont très bien placés dans la liste des principales cultures vivrières pour la production de matière sèche par hectare (tableau 9.3); la pomme de terre et l'igname sont classées première et seconde pour la production d'énergie alimentaire par hectare et par jour, la patate sixième et le manioc neuvième. La pomme de terre arrive troisième dans la liste des cultures les plus productives pour les économies de marché des pays en développement, quant aux protéines comestibles par hectare et par jour (Horton et al., 1984). Idusogie (1971) a fait observer qu'en Afrique de l'Ouest, les ignames peuvent fournir plus de protéines par hectare et par an que le maïs, le riz, le sorgho et même le soja. Doku (1984) a estimé que l'utilisation des variétés améliorées de racines dans des conditions d'exploitation rationnelles pouvait aboutir à une production annuelle d'environ 140 t/ha pour le manioc et les ignames, et jusqu'à 200 t/ha pour la patate et le taro.

### [Figure 9.1 Calendrier des récoltes de quelques produits végétaux en Papouasie-Nouvelle-Guinée](#)

**TABLEAU 9.2 Moyenne des rendements, prix et recettes brutes par hectare des plantes-racines et des céréales dans les pays en développement économie de marché**

	<b>Rendement<sup>1</sup></b> (t/ha)	<b>Prix<sup>2</sup></b> (\$ U.S./t)	<b>Recette brute<sup>3</sup></b> (\$ U.S./ha)
Pomme de terre	10,9	142	1 500
Igname	9,0	1 63	1469
Patate	7,1	89	629
Manioc	8,8	70	613
Taro	4,2	123	514
Riz	2,2	170	366
Blé	1,5	148	217
Mais	1,5	119	177
Sorgho	1,0	123	117

<sup>1</sup>Rendement: chiffre moyen estimatif pour 1979-1 981 (FAO, 1982).

<sup>2</sup>Prix: moyenne pondérée des prix sortie d'exploitation pour 1977, fournie par l'Unité des données de base de la FAO (in dit),

### 3 Recette brute: rendement multiplié par le prix

Source: Horton et al. 1984.

La création d'instituts internationaux, tels que le Centre international d'agriculture tropicale, l'Institut international d'agriculture tropicale et le Centre international de la pomme de terre, qui ont pour mandat de mener des recherches sur ces racines, devrait rendre les gouvernements plus conscients de leur importance économique et nutritionnelle et porter la formulation de politiques propres à encourager leur production et leur consommation.

Tableau 9.3 Cultures vivrières les mieux classées pour ce qui est de la production de matière sèche par hectare et de la production d'énergie alimentaire et de protéines par hectare et par pur dans les pays en développement à économie de marché

Production de matière sèche		Production d'énergie		Production, de protéines	
Culture	t/ha	Culture	mj/h/jour	Culture	kg/ha/jour
Manioc	3,0	Pommes de terre	216	Choux	2,0
Ignames	2,4	Ignames	182	Grosses fèves sèches	1,6

Pommes de terre	2,2	Carottes	162	Pommes de terre	1,4
Patates	2,1	Maïs	159	Pois secs	1,4
Riz	1,9	Choux	156	Aubergines	1,4
Carottes	1,7	Patates	152	Bi...	1,3
Choux	1,6	Riz	151	Lentilles	1,3
Bananes	1,5	Bl...	135	Tomates	1,2
Bl...	1,3	Manioc	121	Pois chiches	1,1
Maïs	1,3	Aubergines	120	Carottes	1,0

**Rendement: FAO (1982) et FAO (inédit). Cycle végétatif: FAO (1981) et Goering (1979).  
Partie comestible matière sèche et composition des aliments: Département de l'agriculture des Etats-Unis (1975) et INCAP (1961). Source: Horton et al. 1984.**

## Obstacles à la production

Les racines sont constituées de peu de protéines pour les deux tiers d'eau. Leur caractère périssable et les problèmes de transport rendent donc difficile leur commercialisation. Des altérations appelées «nervures vasculaires» se produisent dans la couleur du manioc qui devient bleu ou marron en 24 heures. Après deux jours, il commence à pourrir sous l'action de champignons et de bactéries (Booth, 1974). Quand aucune mesure n'est prise pour la

**transformation ou le stockage des ignames et du manioc, ces tubercules doivent être consommés immédiatement après la récolte sur le lieu même de production. L'éloignement des marchés urbains et le mauvais état des routes de campagne signifient souvent que l'agriculteur doit accepter les bas prix offerts par les intermédiaires. Une autre solution serait de construire des entrepôts sur les lieux de production.**

**Tableau 9.4 Comparaison des prix de détail de quelques végétaux pour 100 calories en Océanie, 1982-1984**

	Moyenne			
	1982	1983	1984	1982-1984
	(Cents australiens pour 100 calories)			
Patates	3,9	4,3	2,3	3,5
Taro	5,7	8,5	6,4	6,9
Riz (usiné)	2,5	2,4	2,1	2,3
Farine de blé	1,7	1,8	1,9	1,8

**Source: FAO, 1987b.**

**La culture de certaines plantes-racines nécessite une main-d'oeuvre importante. Défricher la terre, sarcler, planter, mettre des tuteurs comme dans le cas de l'igname, et récolter une fois**

ou deux, tout cela demande des bras. Les femmes, qui sont déjà très occupées et leurs tâches domestiques, assurent aussi une grande partie des activités agricoles. On fait repousser les ignames et les pommes de terre à partir de tubercules déjà récoltés. L'emploi de petits plants d'igname réduit parfois les rendements, c'est pourquoi une partie de la récolte, à peu près un cinquième, est généralement mise de côté pour être replantée. En supposant un rendement de 12,5 t/ha et en prenant cinq comme multiplicateur, on peut avoir jusqu'à 2,5 t/ha réservées à la replantation (Onwueme, 1978). Pour la plupart des racines, le multiplicateur est bas par rapport aux céréales comme le maïs ou le sorgho blanc qui ont un multiplicateur de 70 à 80. Certaines racines comme le manioc ont besoin de plus d'un an pour arriver à leur pleine maturité, et les coûts de manutention sur les marchés sont élevés. Quand la production de racines n'est pas mécanisée, les coûts de production sont également élevés. Dans certaines régions, les racines les plus demandées sont plus chères que les céréales, particulièrement si ces dernières sont importées à bas prix (tableau 9.4).

Il existe d'autres obstacles à la production parmi lesquels des problèmes biologiques liés aux maladies et aux ravageurs. Parmi ceux-ci, la cochenille et les maladies virales du manioc, les virus de la patate, les nématodes des racines et les charançons. La multiplication végétative des racines à partir de matériel de plantation local accroît le risque de transmission des maladies.

En agriculture de subsistance, les exploitations sont petites et les intrants limités. Dans certains pays, l'individu ne peut pas compter sur la terre qu'il cultive pour vivre, car elle

appartient aux chefs, aux propriétaires fonciers ou à l'Etat. Les pressions exercées sur les terres agricoles cause de l'accroissement démographique ont entraîné un raccourcissement des périodes de jachère et donc un appauvrissement des sols. Les systèmes d'exploitation traditionnels comportent des cultures intercalaires. Cela permet d'utiliser pleinement la main-d'œuvre familiale pendant toute la campagne et donne quelques garanties contre les mauvaises récoltes, mais cela ne conduit pas à une augmentation des rendements pour chaque culture.

En général, les services de vulgarisation s'occupent uniquement des cultures de rente et des céréales. Les petits agriculteurs ne profitent pas des activités de recherche et de développement limitées concernant les racines. L'infrastructure de commercialisation et de distribution n'est pas très développée de sorte que l'agriculteur est peu disposé à élargir la superficie qu'il consacre aux racines, et en l'absence de services de crédit pour les engrais, les insecticides et les pesticides, il obtient des rendements limités. Le rendement moyen de l'igname s'élève à environ 14 pour cent seulement du potentiel productif avec des intrants suffisants et dans des conditions optimales. Le meilleur moyen de stimuler la production des racines et des tubercules sera d'établir un marché garanti, en encourageant les industries de transformation dans la mesure où elles s'appuient sur des principes économiques rationnels et sont en harmonie avec le développement national général.

## Conclusion



Les racines sont des composants essentiels du régime alimentaire dans de nombreux pays. En Afrique tropicale, on a estimé que 37 pour cent de l'énergie alimentaire est fournie par le manioc. Les racines sont même de fournir plus d'énergie alimentaire par hectare que les céréales, et certaines d'entre elles, comme le taro et le manioc, peuvent être cultivées en zones tropicales tout au long de l'année, afin de renforcer la sécurité alimentaire. Cela est particulièrement important durant la période qui précède la récolte des céréales, quand d'autres aliments sont chers ou inaccessibles.

Pour parvenir à la sécurité alimentaire, une nation doit produire les denrées qui lui procureront des avantages naturels et économiques. Pour de nombreux pays en développement, les plantes-racines offrent des avantages et des possibilités considérables.

De nombreux pays à déficit alimentaire sont obligés d'importer de grandes quantités de céréales pour couvrir les pénuries locales. Au niveau national, les paiements pour les importations vivrières grevent lourdement les réserves de devises. L'accroissement de la production et de la consommation des aliments de base produits localement comme les racines, les tubercules et les plantains, augmentera les disponibilités alimentaires et élargira la gamme des aliments de base au niveau des ménages et celui du pays.

La mise au point pour les marchés urbains d'aliments prêts à consommer à bas prix relèvera les revenus des ménages et stimulera la consommation et la demande de ces aliments précieux.

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/">

---

## Annexes

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Annexe 1: Quelques recettes base de racines, tubercules, plantains et BANANES](#)

[Annexe 2: Repas pour jeunes enfants](#)

[Annexe 3: Pain sans froment](#)

### Annexe 1: Quelques recettes base de racines, tubercules, plantains et BANANES

Des recettes provenant de diverses régions du monde sont présentées ici pour illustrer la diversité des emplois de plusieurs plantes-racines étudiées dans les sections précédentes. Certaines de ces recettes figuraient déjà dans des livres de cuisine nationale, d'autres sont publiées pour la première fois après avoir été présentées des concours.

**La publication de livres de recettes attrayants encouragera grandement les consommateurs à utiliser un plus grand nombre de ces aliments qui peuvent être accommodés de mille façons.**

## **Petits plats au manioc - Afrique**

### **Méthode**

1. Nettoyer, couper en morceaux et faire cuire le poisson à la vapeur. Enlever les arêtes.
2. Eplucher et couper en dés oignon, piments et ail. Enlever les fils des haricots et les faire cuire dans l'eau bouillante.
3. Verser la farine de manioc dans une terrine propre et bien essuyée. Ajouter une pincée de sel et mélanger.
4. Faire un puits dans la farine. Y casser les œufs un par un et mélanger.
5. Ajouter l'eau peu à peu. Bien mélanger jusqu'à ce que la préparation soit homogène et laisser reposer 20 min.
6. Faire chauffer une cuillère à soupe d'huile dans une poêle à frire propre.
7. Faire frire poisson, oignon, piments et ail. Ajouter du sel.
8. Retirer du feu après cuisson, verser dans un récipient propre, couvrir et réserver.
9. Faire chauffer assez d'huile dans une poêle pour que la préparation n'attache pas durant la cuisson.
10. Verser le mélange dans la poêle, environ deux cuillères à soupe à la fois. Bien répartir sur le fond de la poêle et cuire à feu doux.

**11. Poser une petite quantité de la préparation au poisson au milieu de chaque crêpe de manioc et replier en forme de petit pét.**

**12. Utiliser une spatule ou une cuillère plate pour retirer les petits de la poêle et les disposer sur un plat. Répéter jusqu'à épuisement du mélange. Garnir de rondelles de citron, de haricots rames et de persil.**

### ***Ingrédients pour quatre personnes***

**2 tasses de farine de manioc**

**25 d'huile d'arachide**

**1 gros oignon**

**1 brin de persil**

**1 pincée de sel**

**1 poignée de haricots rames**

**2 œufs frais**

**1 poisson frais de taille moyenne**

**2 piments frais ou secs**

**1 gousse d'ail**

**2 citrons (limes) eau froide**

**Surprise au gari - Afrique**

### ***Méthode***

1. Asperger d'eau le gari, bien mélanger et laisser reposer.
2. Nettoyer, laver et couper la viande en morceaux. Assaisonner.
3. Assaisonner le poisson avec les clous de girofle, l'ail, le poivre de Cayenne et le sel.
4. Faire frire légèrement la viande dans l'huile et cuire feu doux jusqu'à ce qu'elle soit tendre. Retirer et conserver au chaud.
5. Laver, éplucher et couper en lamelles les légumes, les faire frire lentement pendant 5 min dans l'huile de cuisson de la viande. Retirer et garder au chaud.
6. Faire frire légèrement le poisson pendant 5 min.
7. Ajouter une partie des légumes et des haricots. Faire cuire pendant 5 min.
8. Retirer la casserole du feu. Ajouter peu à peu le gari en remuant continuellement pour faire reprendre l'ébullition, puis laisser cuire lentement pendant 10 min.
9. Faire cuire les feuilles vertes dans un peu d'huile.
10. Servi le gari, garni de feuilles vertes et de viande cuite. avec le reste des légumes.

### *Ingrédients pour quatre personnes*

- 2 tasses de gari fin
- 500 g de viande de porc ou de boeuf
- 2 gros oignons
- 3 gros poivrons
- 25 cl d'huile de noix de coco
- 2 tasses de poisson cuit émietté
- 1 grosse aubergine

- 1 tasse d'eau tiède de 250 g ou 1/2 tasse de haricots rames
- 1/2 tasse de haricots œil noir (doliques de Chine) cuits
- 1 grosse patate (variété orange)
- 2 tasses de feuilles vertes coupées en lanières (épinards, feuilles fraîches de chou ou de patate)
- Assaisonnements volontaires (poivre de Cayenne, sel, ail et clous de girofle)

Pain de manioc (gâteau) - Antilles

### Méthode

1. Mélanger les ingrédients secs.
2. Ajouter la margarine et le lard. Mélanger.
3. Ajouter les œufs, l'extrait de vanille et le lait.
4. Bien battre le tout.
5. Verser dans un plat bien graissé allant au four.
6. Faire cuire au four moyen pendant 1 h 30.
7. Glacer avec du sucre et de l'eau et couper en carrés.

Ingrédients pour six personnes

- 3 tasses de farine de manioc sec
- 1 1/2 tasse de sucre
- 1/2 cuillère à café de noix de muscade
- 1 grosse noix de coco râpée

**1 1/2 tasse de lait - Zeste d'une demi-orange**

**60 g de margarine (fondue)**

**60 g de lard (fondu)**

**1/2 cuillère à café d'épices mélangées**

**1/2 cuillère à café de sel**

**1 cuillère à café d'extrait de vanille**

**2 œufs (battus)**

## **Boulettes de viande au manioc - Iles du Pacifique**

### **Méthode**

1. Mélanger la viande hachée, le manioc râpé, l'oignon, le sel et le poivre dans une terrine.
2. Ajouter l'un des assaisonnements énumérés ci-contre et bien mélanger.
3. Façonner des boulettes ou des petites galettes plates (5 mm d'épaisseur).
4. Les rouler ou les passer dans la farine.
5. Les faire frire dans l'huile chaude jusqu'à ce qu'elles soient bien dorées.
6. Servir avec du jus de viande, une soupe ou de la sauce tomate fraîche.

### **Ingrédients pour deux personnes**

**250 g de viande hachée de bœuf ou de mouton**

**1 tasse de manioc doux râpé (au)**

**2 cuillères à café de sel 1/2 cuillère à café de cal de poivre**

**1 petit oignon finement haché Farine et huile**

**Assaisonnements (au choix)**

**1/4 de tasse de persil haché**

**ou 2 cuillères à café de sauce au soja**

**ou 1 cuillère à café de gingembre frais écrasé**

**ou 1 cuillère à café d'herbes mélangées**

**ou 2 cuillères à café de poudre de curry**

**Curry de manioc - Inde**

### **Méthode**

- 1 . Eplucher le manioc doux, le couper en morceaux et le faire tremper une nuit dans de l'eau douce.**
- 2. Egoutter et fond le manioc. Le faire bouillir jusqu'à ce qu'il soit ramolli. Saler et bien écraser.**
- 3. Chauffer l'huile et faire frire la moutarde, les pois, la noix de coco et les condiments avec suffisamment de curcuma pour donner une belle couleur.**
- 4. Ajouter le manioc cuit. Bien mélanger et retirer du feu. Servir chaud.**

**Ingrédients pour quatre personnes**



**1 kg de manioc doux (ayant trempé une nuit)**

**30 g de noix de coco râpée**

**25 g de pois chiches cuits**

**25 g de haricots mungo cuits**

**Huile végétale**

**4 piments verts**

**Un petit morceau de gingembre frais (5 cm. d'épaisseur)**

**Sel, moutarde et curcuma**

**4 feuilles de curry**

**Tapado - Amérique latine**

### **Méthode**

- 1. Couper la viande en petits morceaux et la recouvrir d'eau froide.**
- 2. Ajouter les oignons et les tomates hachés et assaisonner à volonté.**
- 3. Faire cuire lentement jusqu'à ce que la viande soit presque tendre.**
- 4. Eplucher les bananes, les plantains et le manioc et les couper en menus morceaux.**
- 5. Prélever le liquide de la noix de coco et le mettre de côté. Râper la pulpe.**
- 6. Dans une grande marmite ou un plat à four, disposer une couche de manioc, puis une couche de bananes et de plantains.**
- 7. Recouvrir avec la viande cuite et assaisonnée, puis étaler une autre couche de manioc et de plantains.**

8. Mélanger le bouillon de viande et le lait de coco et verser sur la viande et les légumes.

9. Faire cuire et servir chaud.

### *Ingrédients pour six personnes*

1 kg de boeuf salé séché

500 g de manioc

2 bananes mûres

4 plantains verts

1 piment doux

1 noix de coco

Oignons et tomates volontés

Patchelli de pomme de terre - Inde

### *Méthode*

1. Mélanger les pommes de terre, l'oignon, les piments et le gingembre.

2. Ajouter la préparation le lait de coco et mélanger jusqu'à obtention d'une bouillie épaisse.

3. Ajouter le yaourt battu, du sel volontés et bien mélanger.

4. Mettre sur le feu, porter à ébullition et servir.

**Note.** Comme variante, juste avant de servir, on peut ajouter quelques feuilles de curry, un

**peu de graines de moutarde et deux piments secs frits et grossièrement crasés.**

### ***Ingrédients pour six personnes***

**4 pommes de terre farineuses, bouillies, égouttées et grossièrement hachées**

**3 ou 4 piments frais, débarrassés des pépins et finement hachés**

**1 gros oignon, finement haché**

**170 g de yaourt battu**

**Lait de coco**

**1 rondelle de gingembre vert, crasée et hachée**

**Sel**

**Crêpes de pomme de terre - Asie de Sud-Est**

### ***Méthode***

- 1. Roper les pommes de terre crues pour obtenir une fine pulpe.**
- 2. Ajouter l'oignon haché, la farine, le sel et l'œuf battu.**
- 3. Bien mélanger pour obtenir une pâte lisse.**
- 4. Verser la pâte par cuillerées dans une poêle à frire enduite d'un peu d'huile chaude.**
- 5. Faire cuire de chaque côté, jusqu'à ce que les crêpes soient dorées (2 ou 3 min).**
- 6. Servir avec une sauce tomate chaude épicée.**

**Ingrédients pour quatre personnes**

250 g de pommes de terre

1 petit oignon finement haché

11/2 cuillères à soupe de farine de blé ou de Maïs

1 œuf, battu

Une pincée de sel

Huile végétale

Hors-d'œuvre aux pommes de terre et au fromage - Amérique latine

**Méthode**

1. Faire revenir l'ail et l'oignon hachés dans un peu d'huile.
2. Laver, éplucher et couper en menus morceaux les pommes de terre. Les ajouter à l'oignon et à l'ail frits, ainsi que l'eau, les condiments et le rocou ou le curcuma pour donner une belle couleur.
3. Faire bouillir jusqu'à ce que les pommes de terre soient bien cuites, puis ajouter le lait et le fromage.
4. Faire reprendre l'ébullition. Retirer du feu et servir, avec des avocats et de la salade.

**Ingrédients pour quatre personnes**

**1,5 kg de pommes de terre**

**120 g de fromage râpé**

**1 petit oignon blanc**

**3 gousses d'ail**

**Huile en quantité suffisante**

**1 tasse de lait**

**1,5 litre d'eau**

**Sel et poivre Rocou ou curcuma pour colorer (en quantité suffisante)**

**Potage à la patate et aux haricots - Afrique**

### **Méthode**

- 1. Faire tremper les haricots pendant une nuit.**
- 2. Les faire cuire jusqu'à ce qu'ils soient ramollis.**
- 3. Laver, éplucher et couper en dés la patate.**
- 4. Ajouter la patate aux haricots avec juste assez de liquide pour la faire cuire.**
- 5. Ajouter l'oignon haché, le sel et le poisson séché.**
- 6. Faire cuire feu doux en remuant constamment.**
- 7. Ajouter l'huile de palme et servir chaud.**

### **Ingrédients pour une personne**

**2 cuillerées de soupe de doliques de Chine ou de haricots bambara 1 patate (moyenne)**  
**1 cuillère de café d'oignon finement haché**  
**1 poisson séché de grandeur moyenne**  
**2 cuillerées de soupe d'huile de palme**  
**Eau en quantité suffisante**

**Biscuits de la patate - Afrique**

### **Méthode**

1. Pour préparer la farine de patate, laver, éplucher, râper et faire sécher au soleil les patates, puis les piler et les tamiser.
2. Tamiser la farine dans une terrine.
3. Ajouter le zeste d'orange pour parfumer.
4. Incorporer la matière grasse à la farine en malaxant bien jusqu'à ce que le mélange ait l'aspect d'une fine chapelure ou du gari.
5. Ajouter le sucre et mélanger.
6. Battre l'œuf et l'ajouter à la préparation.
7. Ajouter le jus d'orange et mélanger jusqu'à obtention d'une pâte ferme qui se détache de la terrine.
8. Étaler la pâte sur une planche pâtisserie farinée, sur une épaisseur d'environ 5 mm.
9. Découper des formes variées et piquer avec une fourchette.
10. Poser sur la plaque du four graissée. Glacer avec de l'eau et du sucre et faire cuire au four.

## 11. Servir sur un plat gteau.

### *Ingrédients pour quatre personnes*

240 g de farine de patate go

9 de sucre

Jus et zeste d'une orange

90 g de margarine

1 œuf

Boisson la patate - Antilles

### *Méthode*

1. Eplucher et rper les patates.
2. Laver et craser la pulpe pour éliminer l'amidon libre.
3. Presser les citrons ou les limes et passer le jus.
4. Faire bouillir dans un peu d'eau les clous de girofle et la noix muscade, puis passer l'extrait.
5. Mettre la pulpe de patate dans une grande jarre de pierre.
6. Ajouter le sucre, le jus de citron ou de lime et pincer l'extrait.
7. Ajouter 4,5 litres d'eau froide et remuer jusqu'à ce que le sucre soit complètement dissous.
8. Incorporer le blanc d'œuf battu en remuant énergiquement. Couvrir et laisser reposer

**pendant huit jours.**

**9. Passer, si besoin est, avant de consommer.**

### ***Ingrédients pour 4,5 litres***

**500 g de patates blanches**

**3 citrons ou 4 gros limes**

**1,5-2kg de sucre**

**15 g de clous de girofle**

**15 g de noix muscade**

**1 blanc d'œuf, bien battu**

**Patates confites - Antilles**

### ***Méthode***

**1. Faire cuire les patates dans leur peau pendant 20 ou 30 min dans l'eau bouillante.**

**2. Les égoutter, les plucher et les couper en rondelles.**

**3. Ajouter le sucre dans l'eau et chauffer doucement.**

**4. Ajouter le beurre, le jus de lime et les épices.**

**5. Porter à ébullition et remuer jusqu'à ce que le sirop épaississe.**

**6. Ajouter les rondelles de patate et laisser cuire encore 5 min.**

**Note. On peut remplacer le sucre brun par du miel.**



## **Ingrédients pour quatre personnes**

**4 patates de grosseur moyenne**

**500 g de sucre brun (jagr)**

**150 ml d'eau (ou plus)**

**30 g de beurre**

**Jus pressé d'un lime**

**Une pincée de noix muscade râpée**

**Une pincée de poivre de**

**Jamaïque en poudre**

**Beignets de taro - Caraïbes**

## **Méthode**

- 1. Faire bouillir les taros pendant 10 min dans leur peau.**
- 2. Les laisser refroidir, les éplucher et les râper.**
- 3. Mélanger farine, levure, oignon, persil et condiments.**
- 4. Ajouter ce mélange aux taros râpés et verser l'œuf battu.**
- 5. Bien mélanger pour obtenir une pâte ferme.**
- 6. Jeter dans l'huile très chaude de petites boules moulées à l'aide d'une cuillère et laisser cuire jusqu'à ce que les beignets soient soufflés et dorés.**
- 7. Bien goûter et servir chaud, avec une sauce épicée.**

**Ingrédients pour quatre à six personnes****4 taros (Xanthosoma)****1 cuillère à soupe de farine de blé****1/2 cuillère à café de levure chimique****1 œuf, légèrement battu****1 cuillère à café d'oignon haché****1 cuillère à café de persil haché****Sel et poivre de Cayenne****Bain de friture ou un peu d'huile végétale****Feuilles de taro farcies - Iles du Pacifique****Méthode**

- 1. Laver les feuilles fraîches et les faire blanchir rapidement dans l'eau bouillante.**
- 2. Mélanger le curry de manioc avec suffisamment de riz cuit pour absorber le liquide en excès.**
- 3. Étaler une cuillère à soupe de cette farce sur chaque feuille de taro et plier pour former un petit paquet bien fermé.**
- 4. Disposer toutes les feuilles farcies les unes à côté des autres dans une marmite ou un plat allant au four, préalablement graissées avec un peu d'huile. Saupoudrer de sel.**
- 5. Verser le lait de coco dilué ou le bouillon pour recouvrir et faire cuire à la vapeur ou au**

**four (de 40 ↻ 60 min).**

### ***Ingrédients pour quatre personnes***

**12 feuilles de taro fraîches (Colocasia)**

**Bouillon de légumes ou lait de coco dilu**

**Curry de manioc (voir recette du curry de manioc, p. 150)**

**Un peu de riz cuit (1/2 tasse)**

**Petites galettes de taro et de poisson - Asie du Sud-Est**

### ***Méthode***

- 1. Mélanger le poisson cuit, le taro et l'oignon hach**
- 2. Ajouter les condiments et les feuilles de coriandre hachées, puis lier avec l'œuf battu pour obtenir une pâte ferme.**
- 3. Former des petites boules, puis les aplatir en galettes rondes.**
- 4. Les passer dans la farine et les faire cuire dans l'huile chaude.**
- 5. Servir avec de la sauce tomate fraîche assaisonné de basilic.**

### ***Ingrédients pour quatre personnes***

**2 tasses de taro (Colocasia) cuit et cras**

**1 tasse de poisson blanc cuit, sans arêtes et mietté**

**1 cuillère café d'oignon finement haché**

**2 cuillères café de feuilles de coriandre fraîches, finement hachées**

**Sel et poivre**

**1 œuf, légèrement battu Farine et huile végétale**

**Taros la sauce tomate - Amérique latine**

### **Méthode**

- 1. Laver les taros et les faire cuire dans leur peau, l'eau salée, jusqu'à ce qu'ils soient tendres.**
- 2. Les goûter, les plucher et les couper en morceaux.**
- 3. Préparer une sauce en faisant revenir doucement dans l'huile l'ail, les tomates et l'oignon haché.**
- 4. Ajouter la sauce les taros cuits et deux cuillères soupe d'eau chaude.**
- 5. Assaisonner volontairement et servir chaud.**

### **Ingrédients pour cinq personnes**

**500 g de taros (Colocasia)**

**4 cuillères soupe d'huile**

**4 tomates**

**2 gousses d'ail**  
**1 oignon moyen**  
**Sel et poivre**

### **Plantains au curry - Caraïbes**

#### **Méthode**

1. Faire revenir le piment **crus** et le curry en poudre dans l'huile pendant 1 min.
2. Ajouter les lamelles de plantain et faire frire jusqu'**ce qu'elles soient légèrement dorées**.
3. Ajouter le sel et le lait de coco et faire cuire **feu doux** pendant 20 **à** 30 min.
4. Retirer du feu puis verser le garam masala et l'œuf **légèrement battu**.
5. **Decorer** de feuilles de coriandre **fraîches hachées** et servir avec du riz cuit **à l'eau**.

#### **Ingrédients pour quatre personnes**

**6 plantains, épluchés et coupés en lamelles dans le sens de la longueur**  
**2 cuillères à soupe d'huile végétale**  
**1 œuf, légèrement battu**  
**1 cuillère à soupe de curry en poudre**  
**1 cuillère à café de garam masala**  
**2 tasses de lait de coco**

## Sel et piment

### Kordoh de banane verte - Afrique

#### *Méthode*

1. Laver et éplucher les bananes.
2. Les couper en rondelles et les mettre dans une terrine avec du jus de citron.
3. Faire griller les arachides, les décortiquer, les piler et les écraser pour obtenir une pâte homogène.
4. Ecailler les poissons, les laver et enlever toutes les arêtes.
5. Éplucher les oignons, les laver et les hacher. Couper le piment frais.
6. Mettre un peu d'eau à bouillir dans une casserole.
7. Ecraser les bananes et ajouter le poisson, les arachides et les oignons. Continuer de piler jusqu'à obtention d'une pâte homogène.
8. Rectifier l'assaisonnement.
9. Retirer la pâte et, avec les mains mouillées, façonner des petites boulettes. Mettre à bouillir dans la casserole.
10. Faire bouillir jusqu'à ce que la préparation soit bien cuite et qu'il reste très peu d'eau.
11. Servir froid, décorer de tranches de tomate, de ciboule et de persil.

#### *Ingrédients pour quatre personnes*

**2 bananes vertes**

**1/2 tasse d'arachides fraîches**

**3 grosses tomates, coupées en tranches**

**Persil et ciboule pour décorer**

**4 poissons frais de taille moyenne**

**2 oignons**

**Sel et piment frais  volont**

**Jus d'un demi-itron**

**Galettes de plantain vert - Amrique latine**

### ***Mthode***

- 1. Faire cuire les plantains jusqu' ce qu'ils soient tendres.**
- 2. Broyer ou piler les plantains cuits avec les morceaux de porc croustillants pour obtenir une pte homogne.**
- 3. Prparer un peu de sauce tomate frache, avec du sel et du poivre  volont, et la mlanger  la prparation au plantain.**
- 4. Hacher finement le chou, le piment, les saucisses et les œufs durs. Bien mlanger le tout avec un peu d'huile.**
- 5. Diviser la pte en six morceaux et les aplatir pour former des galettes (tortillas).**
- 6. Enduire chaque tortilla d'un peu de beurre ou d'huile, et remplir le centre avec le mlange hach prpar.**

**7. Replier et envelopper chaque tortilla dans une feuille de plantain.**

**8. Lier solidement, placer dans une marmite avec un peu d'eau. Faire cuire à la vapeur ou faire bouillir pendant 15 min.**

***Ingrédients pour quatre ou cinq personnes***

**4 plantains verts moyens**

**250 g de morceaux de porc croustillants**

**250 g de saucisses**

**1 petit chou**

**250 g de tomates**

**3 ceufs durs**

**1 piment doux**

**3 cuillères à soupe d'huile végétale ou de bourre**

**Sel et poivre**

[Continue](#)

---

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---



## Annexe 2: Repas pour jeunes enfants

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

D'après *Feeding the Weaning Age Group in the Caribbean*. Compte rendu d'une réunion d'un groupe technique. Caribbean Food and Nutrition Institute, Kingston, Jamaïque (1979).

Dessert de farine composé

### Méthode

1. Mélanger la farine, le lait *crème* en poudre et, éventuellement, le sel.
2. Ajouter l'eau et mélanger sur feu doux pendant 5 min.
3. Ajouter le sucre et la purée de fruit passée.
4. Réchauffer, ajouter l'huile ou la margarine et bien mélanger.
5. Passer si nécessaire et laisser refroidir un peu avant de servir.

Note. La farine composée utilisée est un mélange de farines de blé, de manioc et de soja.

### Ingrédients pour 200 g environ

- 2 cuillères soupe de farine composée
- 2 cuillères soupe de lait *crème* en poudre
- 1/4 de tasse de purée de fruit (banane ou goyave)

**1 tasse d'eau**

**1 cuillerée de café de miel ou de sucre**

**1 cuillerée de café d'huile ou de margarine**

**Sel, si nécessaire**

**Pommes de terre, feuilles vertes et sardine**

### **Méthode**

1. Porter l'eau à ébullition et ajouter les feuilles hachées et les pommes de terre en dés.
2. Couvrir la casserole et faire cuire pendant 12 à 15 min.
3. Ecraser dans le liquide de cuisson.
4. Ajouter cette préparation la sardine et la margarine ou l'huile de la sardine et le sel.
5. Passer et servir.

### **Variantes:**

1. Remplacer les feuilles vertes par des carottes, des gombos ou de la citrouille.
2. Remplacer les pommes de terre par des bananes vertes, des ignames, des fruits de pain, des taros ou une demi-tasse de riz ou de macaronis cuits. (Les bananes vertes ont parfois besoin de 10 à 15 min de cuisson de plus que certaines variétés d'igname et de pomme de terre pour devenir molles).
3. Un peu de saucisse, de foie, de maquereau en boîte, de corned-beef ou un œuf pourront remplacer la sardine.

**Ingrédients pour 120 g**

100 g de pommes de terre, peluchées et coupées en dés

30 g de feuilles vertes fraîches, finement hachées

1/2 tasse d'eau

30 g de sardine crues

1 cuillère à café de margarine facultatif)

Un peu de sel

Igname, carotte et foie

**Méthode**

Utiliser la méthode indiquée dans la recette précédente. Remplacer les pommes de terre par l'igname, les feuilles vertes par la carotte et la sardine par le foie dans les mêmes proportions.

Il faut faire cuire le foie, le couper en menus morceaux et l'ajouter à l'igname et aux légumes crus chauds. On pourra remplacer le lait par de l'eau, si on a besoin de plus de liquide pour passer.

Dessert à la patate

**Méthode**

1. Faire bouillir l'eau et ajouter la patate coupée en rondelles fines.
2. Couvrir et faire cuire sur feu doux pendant 12 à 15 min. Retirer du feu.
3. Ecraser la patate dans le liquide de cuisson.
4. Ajouter en tournant l'huile ou la margarine, l'œuf, le sucre ou le miel et le lait en poudre à la préparation chaude.
5. Passer et servir.

**Ingredients pour 150 à 180 g**

- 1 patate (90g) pelée et coupée en rondelles
- 150 ml d'eau
- 1 œuf
- 1 cuillère à soupe de lait condensé en poudre
- 1 cuillère à café de miel ou de sucre brun
- 1 cuillère à café de margarine ou d'huile
- ou 2 cuillères à soupe de crème de coco

Dessert à la banane verte ou au plantain

**Méthode**

1. Raper finement le plantain ou les bananes.
2. Ajouter une demi-tasse d'eau et fouetter jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de grumeaux.
3. Faire bouillir le reste d'eau avec le lait en poudre.
4. Ajouter la pâte de plantain, sans cesser de remuer.
5. Cuire à feu doux pendant 15 à 20 min.
6. Ajouter l'huile ou la margarine, le miel ou le sucre et le sel.
7. Faire cuire, passer si nécessaire et servir.

### Ingrédients pour 480 g

- 1 1/2 banane verte peluchée ou 2 plantain moyen, peluchés
- 1/2 litre d'eau
- 2 cuillères à soupe de lait écrémé en poudre
- 2 cuillères à soupe de miel ou de sucre brun
- Une pincée de sel

### Valeur nutritive de quelques aliments pour nourrissons préparés à la maison

Aliment pour nourrissons	Humidité (%)	Energie (kcal/100 g)	Protéines (g%)	Lipides (g%)	Ca (mg%)	Fe (mg%)	Na (mg%)	K (mg%)
Farine								

composée +goyave	78,8	98	3,6	0,6	102	1,0	111,2	150,1
Farine composée	79,4	91	3,1	0,3	83	0,8	12,7	181,3
Pommes de terre, feuilles vertes et sardine	81,0	112	4,7	4,2	65	1,2	185,5	228,8
Igname, carotte et foie	81,0	93	2,3	1,7	16	1,1	62,5	130,9
Dessert à la patate	69,8	166	3,0	4,7	82	2,0	64,2	123,1
Dessert à la banane verte	89,4	45	1,8	0,4	56	0,6	140,0	151,7
Dessert au plantain	80,2	84	2,5	0,4	78	1,0	84,9	136,3

**Source: Feeding the Weaning Age Group in the Caribbean Compte rendu d'une réunion d'un groupe technique, CFNI, Kingston, Jamaïque, 1979.**

## **Annexe 3: Pain sans froment**

**L'empois d'amidon de base**

**Pour la fabrication du pain de froment ordinaire, le gluten de blé vital est l'ingrédient principal qui immobilise les gaz de fermentation de la levure et permet au pain de lever. Pour faire du pain sans froment, on remplace le gluten vital par un empois d'amidon épais. C'est donc ce que nous ferons en premier.**

**Commencez par ajouter 400 g de fécule de manioc ou d'amidon de riz à 2,2 litres d'eau dans une casserole. (On peut remplacer la fécule ou l'amidon par de la farine de manioc ou de riz.) L'amidon a tendance à se déposer, aussi faut-il remuer vigoureusement pour qu'il reste en suspension. Posez la casserole contenant l'amidon en suspension sur le fourneau ou la cuisinière et commencez à chauffer à température moyenne en remuant constamment. Ne le laissez pas brûler! Tandis que vous continuez à tourner, vous verrez que de petits morceaux, ou des fibres d'amidon précuit, commencent à se former. Cela signifie que l'amidon en suspension se transformera rapidement en une pâte épaisse. Continuez de tourner à feu modéré. La pâte deviendra très épaisse. L'empois commencera à changer de couleur et deviendra plus clair (ou translucide). Quand il est uniformément translucide, retirez du feu et laissez refroidir en remuant de temps en temps; (on peut faire refroidir en**

placant la casserole dans un brazier contenant de l'eau froide pour que la température baisse rapidement).

La pâte pain sans froment

Commencez par peser tous les ingrédients.

**Levure.** Ajoutez 25 g de levure de boulanger 150 ml d'eau et 5 g de sucre. Ecrasez la levure et mélangez bien jusqu'à obtention d'une composition homogène. Vous pouvez aussi utiliser de la levure chimique, 2 cuillères café dans 160 ml d'eau avec 5 g de sucre (ou suivre les instructions du fabricant). Vous obtenez ainsi la levure en suspension.

**Sucre.** 100 g ou selon vos préférences.

**Sel.** 40 g ou selon vos préférences.

**Huile végétale.** 20-50 ml, selon vos préférences (huile de maïs, de tournesol, etc.).

**Ingrédients farineux de base.** 2 kg de farine (riz, maïs, sorgho ou mil). Vous pouvez aussi utiliser de la farine de manioc (pas de fécule), mais dans ce cas vous devrez ajouter de 50 à 70 g de farine de soja de qualité supérieure si vous voulez augmenter la teneur protéique. Vous pouvez aussi ajouter de 10 à 40 g de farine de soja aux autres farines. Vous pouvez faire des mélanges de divers ingrédients farineux de base, mais le poids total de farine



devra être de 2 kg environ.

### Préparation de la pâte et cuisson du pain

Prenez tout l'empois d'amidon et versez-le dans le bol d'un batteur électrique (utilisez une spatule pour bien recueillir tout l'empois). Ajoutez peu à peu la farine et mélangez avec une cuillère en bois ou en inox pour bien l'incorporer à l'empois. Cette opération demande de la patience car la farine se présente comme une poudre. Quand la farine a été humidifiée par l'empois d'amidon, vous pouvez placer bol sur le batteur électrique pour les autres opérations. Ajoutez le sucre et le sel. Mélangez un peu. Contrôlez la température pour vous assurer que la préparation n'est pas chaude, car cela endommagerait la levure. Ajoutez la levure en suspension en continuant de remuer, et vous verrez la pâte devenir plus souple. Ensuite, ajoutez l'huile et battez encore pendant 5 minutes. (La consistance variera selon la farine utilisée.)

Graissez entièrement l'intérieur des moules à pain avec de l'huile végétale. De bons résultats sont obtenus avec de petits moules rectangulaires à bords droits, de 20 cm de longueur, 7 cm de largeur et 6 cm de hauteur mais vous pouvez faire des essais avec des moules de dimensions et de formes différentes.

Versez la pâte dans les moules huilés en les remplissant jusqu'à environ mi-hauteur. Placez les moules dans un endroit chaud (30-40°C) et couvrez-les d'un linge humide afin de laisser la pâte monter. La durée de la fermentation variera selon la recette. Laissez la pâte lever

jusqu'à ce qu'elle dépasse le bord supérieur du moule de 1 cm environ.

Mettez les moules au four préchauffé à 210 °C et faites cuire pendant 40 à 45 minutes. Démoulez délicatement et placez les pains dans un endroit frais. Laissez refroidir pendant 12 heures au minimum. (Pour du pain composé entièrement de manioc, laissez refroidir 24 heures afin qu'il ne soit pas trop gluant.) Après refroidissement, le pain sera prêt à être coupé en tranches et consommé.

---

[Table des matières](#) - [Précédente](#) - [Suivante](#)

[Home](#)":81/cd.iso" "http://www24.brinkster.com/alexweir/"">

---

## Bibliographie

[Table des matières](#) - [Précédente](#)

Abrahamsson, L. 1978. Food for infants and children in developing and industrialized countries. Univ. d'Uppsala, Suède. (Thèse de doctorat)

Adewusi, S.R.A., Afolabi, O.A. & Oke, O.L. 1988. Nutritive value of cassava roots and some cereals. (Inédit)

**Ahmed, R. 1982. Survey of glycoalkaloid content in potato tuber growing in Pakistan and environmental factors causing their synthesis and physiological investigations on feeding high glycoalkaloids to experimental animals. 6th Ann. Res. Rep. Botany Dept., Univ. de Karachi, Pakistan.**

**Arthur, J.C. & McLemore, T.A. 1957. Effects of processing conditions on the chemical properties of canned sweet potatoes. J. Agr. Food Chem., (5): 863-867.**

**Asenjo, C.F. & Porrata, E.I. 1956. The carotene content of green and ripe plantains. J. Agric. Univ. Puerto Rico, (40): 152-156.**

**Augustin, J., McDole, R.E., McMaster, G.M., Painter, C.G. & Sparks, W.C. 1975. Ascorbic acid content in Russet Burbank potatoes. J. Food Sci., (40): 415-416.**

**Augustin, J., Johnson, G.K., Teitzel, C., True, R.H., Hogan, J.M. & Deutsch, R.M. 1978. Changes in nutrient composition of potatoes during home preparation. II. Vitamins. Am. Potato J., (55): 653-662.**

**Ayangade, S.O., Oyelola, O.O. & Oke, O.L. 1982. A preliminary study of amniotic and serum thiosulphate levels in cassava eating women. Nutr. Rep. Int., (26): 73-75.**

**Ayensu, E.S. & Coursey, D.G. 1972. Guinea yams. The botany, ethnobotany, use and possible future of yams in West Africa. Econ. Bot., (26): 301-318.**

**Banque internationale pour la reconstruction et le développement. 1989. Population, per capita product and growth rates. Atlas de la Banque mondiale. Washington.**

**Bevan, C.W.L. & Hirst, J. 1958. A convulsant alkaloid of Dioscorea dumetorum. Chem. Ind. (25): 103.**

**Bolhuis, G.G. 1954. The toxicity of cassava roots. Neth. J. Agric. Sci., (2): 176-185.**

**Booth, R.H. 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops: losses and their control. Trop. Sci., (16): 49-63.**

**Bourdoux, P., Delange, F., Gerard, M., Mafuta, M., Hudson, A. & Ermans, M.A. 1978. Evidence that cassava ingestion increases thiocyanate formation: a possible etiologic factor in endemic goitre. J. Clin. Endocrinol. Metab., (4b): 613-621.**

**Bourdoux, P., Seghers, P., Mafuta, M., Vanderpas, J., Vanderpas Rivera, M., Delange, F. & Ermans, M.A. 1983. Traditional cassava detoxification process and nutrition education in Zaire. In Delange, F. & Akluwalia, R., eds. Cassava toxicity and thyroid: research and public health issues, p. 134-137, Ottawa, CRDI (IDRC-207e).**

**Bradbury, J.H. & Holloway, W.D. 1988. Chemistry of tropical root crops. Canberra, Centre australien de recherche agronomique.**

**Bruijn, G.H. 1973. The cyanogenic character of cassava. In Nestel, B. & MacIntyre, R., eds. Chronic cassava toxicity, p. 43-48. Ottawa, CRDI (IDRC-10\*.**

**Bushway, R.J., Bureau, J.L. & McGann, D.F. 1983. Alphachaconine and alphasolanine content of potato tubers and potato peel products. J. Food Sci., (48): 84-86.**

**Busson, F., Jardin, C. & Wuheung, W.T. 1970. Food composition table for use in Africa. Rome, FAO.**

**Casadei, E. 1988. Nutritional and toxicological aspects of cassava. In Walter, R. & Quattrucci, E., eds. Nutritional and toxicological aspects of food processing, p. 171-176. Londres, Taylor & Francis.**

**Catalano, E.A., Hasling, V.C., Dupung, H.P. & Costantin, R.J. 1977. Ipomeamarone in blemished and diseased sweet potatoes. J. Agric. Food Chem., (25): 94-96.**

**Chandra, S. 1979. Energetics of crop production in Fiji. Agric. Mech.Asia, (10-3): 19-24.**

**Chandra, S. 1980. Root crops in Fiji, part 2: Development and future food production strategy. Fiji Agric. J., (42): 11-17.**

**Chandra, S. 1984. Edible aroids. Oxford, Royaume-Uni, Clarendon.**

**Chandra, S. 1988. Tropical root crops: food for a hungry world. Symp. Int. Soc. Root Crops, (7):**

### **23. Guadeloupe.**

**Chen, M.C., Chen, C.P. & Din, S.L. 1979. The nutritive value of sweet potato vines for cattle.. V. Fresh and dehydrated sweet potato vines. J. Agric. Assoc. China, (107): 4560.**

**Chick, H. & Slack, E.B. 1949. Distribution and nutritive value of the nitrogenous substances in potato. Biochem. J., (45): 211221.**

**Christiansen, J.A. 1977. The utilization of bitter potatoes to improve food production in the high altitude of the tropics. Cornell Univ., Ithaca, N.Y. (Thèse de doctorat) CIP. 1982. World potato facts. Centre international de la pomme de terre, Lima.**

**Cliff, J., Martelli A., Molin, A. & Rosling, H. 1984. Mantakassa: an epidemic of spastic paraparesis associated with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area of Mozambique. Bulletin de l'OMS, (62): 477484.**

**Cock, J.H. 1985. Cassava: new potential for a neglected crop. Boulder, Co., Westview, IADC.**

**Collins, W.W. & Walter, W.M. 1982. Potential for increasing nutritional value of sweet potatoes. In Villareal, RL. & Griggs, T.D., Ed. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 355-363. Taiwan, AVRDC.**

**Collis, W.R.F., Dema. I.S. & Lesi, F.E.A. 1962. Transverse survey of health and nutrition,**

**Parkshin Division, N. Nigeria. W. African Med. J., (11): 131-154.**

**Cocke, R.D. 1978. An enzymatic assay for total cyanide content of cassava. J. Sci. Food Agric., (29): 345-352.**

**Cocke, R.D. & Maduagwu, E.N. 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. J. Food Technol., (13): 299-306.**

**Coursey, D.G. 1967. Yams. Londres, Longman.**

**Coursey, D.G. 1968. The edible aroids. World Crops, (20-4): 2530.**

**Coursey, D.G. 1973. Cassava as food: toxicity and technology. In Nestel, B. & MacIntyre, R., ed. Chronic cassava toxicity. Actes d'un atelier interdisciplinaire. Londres, 29-30 janvier 1973, p. 27-36. Ottawa, CRDI (IDRC-I0e).**

**Coursey, D.G. 1976. The origins and domestication of yams in Africa. In Harlan, J.R., Wet de, J. & Stember, A.B., ed. Origins of African plant domestication, p.383-408. La Haye, Mouton.**

**Coursey, D.G. 1983. Yams. In Chan H.T., ed. Handbook of tropical foods, p.555-601. New York, N.Y., Dekker.**

**Coursey, D.G. & Aidoo, A. 1966. Ascorbic acid levels in Ghanaian yams. J.Sci. Food Agric., (17): 446-449.**

**Cox, P.A. 1980. Two Samoan technologies for breadfruit and banana preservation. Econ. Bot., (34): 181-185.**

**Davis, N.T. & Olpin, S.E. 1979. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of zinc availability to young rats. Br. J. Nutr., (41): 591-603.**

**Dawson, P.R., Gresthouse, L.H. & Gordoo, W.O. 1951. Sweet potato: more than starch. In Crops in peace and war. Yearbook of agriculture, 1950/51, p. 195-203. Washington, D $\diamond$ partement de l'agriculture des Etats-Unis.**

**Deobald, HJ. & MacLemore, T.A. 1964. Effect of temperature, antioxidant, and oxygen on the stability of precooked dehydrated sweet potato flakes. Food Technol., (18): 739-742.**

**Delange, F. 1983. Nutritional factors involved in the goitrogenic action of cassava. In Delange, F. & Akluwalia, R.,  $\diamond$ d. Cassava toxicity, and thyroid: research and public health issues. Ottawa, CRDI (IDRC-207e).**

**Devendra, C. 1977. Studies on the utilisation of cassava (*Manihot esculenta crantz*) in sheep. MARDI Res. Bull., (5-2): 129147.**

**Dipak, H.D. & Mukherjee, K.D. 1986. Functional properties of rapeseed protein products with varyingphytic acid contents. J. Agric. Food Chem., (34): 775780.**



**Doku, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Accra, Ghana Univ. Press.**

**Doku, E V. 1984. Production potentials of major tropical root and tuber crops. In Terry, E.R., Doku, E.V., Arene, O.B. & Mahuneu, N.M., ed. Tropical root crops: production and uses in Africa, p. 19-24. Ottawa CRDI (IDRC-221e).**

**Elkins, E.R. 1979. Nutrient content of raw and canned green beans, peaches and sweet potatoes. Food Technol., (33-2): 66-70.**

**Eppendorfer, W.H., Eggum, B.O. & Bille, S.W.1979. Nutritive value of potato crude protein as influenced by manuring and amino-acid composition. J. Sci. Food Agric., (30): 361-368.**

**Erman, A.M., Bourdoux, P., Kinthaert, J., Lagasse, K., Luvivila, R., Mafuta, M., Thilly, C.H. & Delange, F. 1983. Role of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism. In Delange, F. & Akluwalia, R., ed. Cassava toxicity and thyroid: research and public health issues, p. 9-16. Ottawa, CRDI (IDRC-297e).**

**Essers, S. 1986. Development of fast detoxication methods for bitter cassava at household level in rural N.E. Mozambique. Rapport final pour le Ministere de la sante du Mozambique, p. 9-27.**

**FAO. 1970. Amino-acid content of food. Etudes de la nutrition de la FAO, n° 24. Rome.**

**FAO. 1971. Bilans alimentaires. Rome.**

**FAO. 1980. Bilans alimentaires: 1975-1977 moyenne; et disponibilités alimentaires par personne: 1961-1965 moyenne. Rome.**

**FAO. 1984a. Compte rendu de l'Atelier pour la transformation et l'utilisation du manioc et autres plantes-racines et tubercules en Afrique. Abidjan, Côte d'Ivoire, 28 novembre-2 décembre 1983. Rome.**

**FAO. 1984b. Annuaire FAO de la production. Collection FAO: Statistiques, n° 61. Rome.**

**FAO. 1985a. Réunion d'étude sur les obstacles de la production et la commercialisation des racines, tubercules et plantains en Afrique. Kinshasa, Zaïre, 30 septembre - 4 octobre 1985. Rome.**

**FAO. 1985b. Consultation d'experts sur l'utilisation des plantes vivrières traditionnelles pour élargir la base de l'alimentation. Harare, Zimbabwe, 18-23 novembre 1985. (Polycopié) 108 p.**

**FAO. 1986a. Annuaire FAO de la production. Collection FAO: Statistiques, n° 47. Rome.**

**FAO. 1986b. Le rôle des racines, tubercules et bananes plantains dans la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. Onzième session du Comité de la sécurité**

**alimentaire mondiale. Rome, 9-16 avril 1986.**

**FAO. 1987a. Le rôle des racines, tubercules et plantains dans la sécurité alimentaire en Amérique latine et aux Caraïbes. Douzième session du Comité de la sécurité alimentaire mondiale. Rome, 8-15 avril 1987.**

**FAO. 1987b. Le rôle des plantes racines dans la sécurité alimentaire des pays du Pacifique. Douzième session du Comité de la sécurité alimentaire mondiale. Rome, 8-15 avril 1987.**

**FAO. 1987c. Stratégies et besoins d'amélioration de la production de racines, de tubercules et de plantains. Neuvième session du Comité de l'agriculture. Rome, 23 mars- 1 avril 1987.**

**FAO. 1988a Root and tuber crops, plantains and bananas in developing countries: challenges and opportunities. Etude FAO: Production végétale et protection des plantes, n° 87. Rome.**

**FAO. 1988b. Traditional food plants. Etude FAO: Alimentation et nutrition n°42. Rome.**

**Faulks, R.M., Grimths, W.M., White, M.A. & Tomlins, K.I. 1982. Influence of site, variety and storage on nutritional composition and cooked texture of potatoes. J. Sci. Food Agric., (33): 589.**

**Favier, J.C., Chevassus-Agnes, S. & Gallon, G. 1971. La technologie traditionnelle du manioc au Cameroun: influence sur la valeur nutritive. Ann. Nutr. Alim., (25): 159.**

**Fawcet, W. 1921. The banana: its cultivation, distribution and commercial uses. 2. ed. Londres, Duckworth.**

**Fiedler, H. & Wood, J.L. 1956. Specificity studies on the Bmercaptopyruvate-cyanide transsulfuration system. J. Bio. Chem., (222): 387-397.**

**Finglas, P.M. & Faulks, R.M. 1984. Nutritional composition of UK retail I potatoes, both raw and cooked. J. Sci. Food Agric., (35): 1347-1356.**

**Finglas, P.M. & Faulks, R.M. 1985. A new look at potatoes. Nutr. Food Sci., (92): 12.**

**Fonds de développement des Nations Unies pour la femme. 1989. Root Crop Processing. Food Cycle Technology Source Book No. 5.**

**Forsythe, W.G.C. 1980. Banana and Plantains. In Nagy, S. & Shaw P.E., ed. Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses, p. 258-278, Westport, Conn., AVI.**

**Foy, J.M. & Parratt, J.R. 1960. A note on the presence of noradrenaline and 5-hydroxytryptamine in planlain. J. Pharm. Parmacol., (12): 360-364.**

**Francis, B J., Halliday, D. & Robinson, J.M. 1975. Yams as a source of edible protein. Trop. Sci., (17): 103110.**

**Frye, J.B., Hawkins, G.E. & Henderson, H.B. 1948. The value of winter pasture and sweet**

**potato meal for lactating dairy cows. J. Dairy Sci., (31): 897-903.**

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B. 1987a. Cocoyam and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan Nigeria, IITA.**

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B. 1987b. Sweet potato and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan, Nigeria, IITA.**

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B. 1987c. Yam and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan, Nigeria, IITA.**

**Gebremeskel, T. & Oyewole, D.B. 1987d. Cassava and the world trend of vital statistics 1965-84. Socioecon. Unit. Ibadan, Nigeria, IITA.**

**Coering, T.J. 1979. Tropical root crops and rural development. Document de travail des services de la Banque mondiale, n° 324. Washington D.C. Banque mondiale.**

**Goldstein, I J.& Hayes,C.E. 1978.The lectins: carbohydrate-binding proteins of plants and animals. Ad v. Carbohydr. Chem. Biochem., (35): 127-340.**

**Gomez, G., Santos, J. & Valdivieso, M. 1984. Least-cost rations containing cassava meal for broilers and growing pigs. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima,2126 février 1983, p. 393-400. Centre international de la pomme de terre.**

**Goode, P.M. 1974. Some local vegetables and fruits of Uganda. Entebbe, Ouganda, Ministère de l'agriculture.**

**Gray, W.D. & Abou-el-Seoud, M.O. 1966. Fungal protein for food and feeds II. Whole sweet potato as a substrate. Econ. Bot., (20): 119-126. Hahn, S.K., Terry, E.R., Lanschner, K., Akobundu, I.O., Okoli, C. & Lal, R. 1979. Cassava improvement in Africa. Field Crops Res., (2): 193-226.**

**Hahn, S.K. 1983. Cassava research to overcome the constraints to production and use in Africa. In Delange, F. & Akluwalia, R., eds. Cassava toxicity, and thyroid: research and public health issues, p. 93-102. Ottawa, CRDI (IDRC-207e).**

**Hahn, S.K. 1984. Tropical root crops, their improvement and utilization. Ibadan, Nigeria, IITA.**

**Hammond, A.L. 1977. Alcohol: A Brazilian answer to the energy crisis: Sci., (195): 564-566.**

**Herrera, H. 1979. Potato protein: nutritional evaluation and utilization. Univ. Etat du Michigan. (Thèse de doctorat)**

**Hellendoorn, E.W., Noordhoff, M.G. & Slagman, J. 1975. Enzymatic determination of the indigestible residue (dietary fibre) content of food. J. Sci. Food Agric., (26): 1461-1468.**

**Hentschel, H. 1969. Wertgebende Inhaltsstoffe der Kartoffel in Abhängigkeit von**

**verschiedenen Haushaltsmassigen Zubereitungen. Mitt. 4 Vitamine und Mineralstoffe. Qual. Plant. Mat. Veg., (17): 201216.**

**Hoff, J.E., Junes, C.M., Wilcox, G.E. & Castro, M.D. 1971. The effect of nitrogen fertilization on the composition of the free amino acid pool of potato tubers. Am. Potato J., (48): 390-394.**

**Horigone, T., Nukayama, N. & Ikeda, M. 1972. Nutritive value of sweet potato protein produced from the residual products of the sweet potato industry. Nippon Chikagaku Gakkai, (43): 432.**

**Horton, D. 1980. The potato as a food crop for the developing world. Lima Centre international de la pomme de terre.**

**Horton, D., Lynam, J. & Knipscheer, H. 1984. Root crops in developing countries - an economic appraisal. In Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21-26 février 1983, p. 9-39. Centre international de la pomme de terre.**

**Howlett, W.P. 1985. Acute spastic paraplegia, Mara region, Tanzania Med. Assoc. Dar-es-Salaam. Sept. 1985.**

**Huang, P.C. 1982. Nutritive value of sweet potato. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., eds. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982, p. 35-36. Taiwan, AVRDC.**

**Idusogie, E.O. 1971. The nutritive value per acre of selected food crops in Nigeria J.W. Afr. Sci. Assoc., (16): 17.**

**Jadhav, S.J. & Salunkhe, D.K. 1975. Formation and control of chlorophyll and glycoalkaloids in tubers of *Solanum tuberosum* L. and evaluation of glycoalkaloid toxicity. Adv. Food Res., (21): 307354.**

**Jones, W.O. 1959. Manioc in Africa. Californie, Stanford Univ. Press.**

**Kahn, E.J. 1985. The staffs of life. Boston, Mass. Little Brown.**

**Kay, D.E. 1973. Root Crops. TPI Crop and Product Digest 2. Londres, Tropical Products Institute.**

**Kay, S.J. 1985. Formulated sweet potato products. In Bouwkamp J.C., ed. Sweet potato products: a natural resource for the tropics, p. 205-218. Boca Raton, FL, CRC Press.**

**Lancaster, P.A., Ingram, J.S., Lim, M.Y. & Coursey, D.G. 1982. Traditional cassava-based foods: survey of processing techniques. Econ. Bot., (36-1), p. 1245.**

**Lawrence, G. & Walker, P.D. 1976. Pathogenesis of *E. necroticans* in Papua New Guinea. Lancet, (2): 125.**

**Lee, P.K. & Young, Y.F. 1979. Nutritive value of high protein sweet potato meal as feed**



**ingredients for Leghorn chicks. J. Agric. Assoc. China, (108): 56.**

**Lim Han Kuo. 1967. Animal feeding stuff. Part 3: compositional data on feeds and concentrates. Malays. Agric. J., (46): 63-79.**

**Lin, S.S.M. & Chen, D.M. 1985. Sweet potato production and utilization in Asia and the Pacific. In Bouwkamp, J.C., Ed. Sweet potato products: a natural resource for the tropics, p. 139-148. Boca Raton, FL, CRC Press.**

**Linnemann, A.R., van Es, A. & Hartmans, KJ. 1985. Changes in the content of L-ascorbic acid glucose, fructose, sucrose and total glycoalkaloids in potatoes stored at 7, 16 and 28 °C. Potato Res., (28): 271-282.**

**Lopez de Romana, G., Graham, C.G. & MacLean, W.C. 1981. Prolonged consumption of potato-based diets by infants and small children. J.Nutr., (111): 1430-1436.**

**Lopez, A., Williams, H.L. & Cooler, F.W. 1980. Essential elements in fresh and in canned sweet potatoes. J. Food Sci., (45): 675-681.**

**Lynam, J.K. & Pachico, D. 1982. Cassava in Latin America: current status and future prospects. Cali, CIAT.**

**Maga, J.A. 1980. Potato glycoalkaloids. CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr., (12): 371-405.**

- Marfo, E.K. & Oke, O.L. 1988. Changes in phytate content of some tubers during cooking and fermentation. (Communication personnelle)**
- Marriott, J. & Lancaster, P.A. 1983. Bananas and plantains. In Chan, H.T., Ed. Handbook of tropical foods. p. 85-143. New York, N.Y., Dekker.**
- Martin, F.W., Telek, L. & Rubert, R.M. 1974. Yellow pigments of Dioscorea bulbifera. J. Agr. Food Chem., (22-2): 335-337.**
- Massal, E. & Barrau, J. 1956. Banana. In Food Plants of the South Sea Islands, p. 15-18. Tech. Pap. No. 94. Noumea, South Pacific Commission.**
- Massey, Z.A. 1943. sweet potato meal as livestock feed. Georgia Agric. Expt. Sta. Bull. No. 522.**
- Mattei, R. 1984. Sun drying of cassava for animal feed. A processing system for Fiji. Suva, Fidji. 43p. (Document in edit)**
- Mather, R.E., Linkous, W.N. & Eheart, J.F. 1948. Dehydrated sweet potato as concentrate feed for dairy cattle. J.Dairy Sci., (31): 569-576.**
- McCann, DJ. 1977. Cassava utilization in agro-industrial systems. In Cock, J., MacIntyre, R. & Graham, M. Ed. Symp. Int. Soc. Root Crops. 4. CIAT, Cali, Colombia, 17 août 1976, p. 215-221. Ottawa, CRDI (IDRC-080e).**

- McCay, C.M., McCay, J.B. & Smith, O. 1975. The nutritive value of potatoes. In Talburt, W.F. & Smith, O., Ed. Potato Processing. 3 Ed., p. 235-273. West Port, Conn. AVI.**
- McFie, J. 1967. Nutrient intakes of urban dwellers in Lagos, Nigeria. Br. J. Nutr., (21): 257-268.**
- Meneely, G.R. & Battarblee, H.D. 1976. Sodium and potassium. Nutr. Rev., (34): 225-235.**
- Meredith, F. & Dull, G. 1979. Aminoacid levels in canned sweet potatoes and snap beans. Food Technol., (332): 55-57.**
- Meuser, F. & Smolnik, H.D. 1979. Potato protein for human food use. J. Am. Oil. Chem. Soc., (56): 449.**
- Meuser, F. & Smolnik, H.D. 1980. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. Starch/Starke, (32): 116-122.**
- Mondy, N.I. & Mueller, T.O. 1977 Potato discoloration in relation to anatomy and lipid composition. J. Food Sci., (42): 14-18.**
- Montilla, J., Castillo, P.P. & Wiedenhofer, H. 1975. Efecto de la incorporaci3n de harina de yuca amarga en raciones para pollos de engorde. Agron. Trop. Venezuela, (25): 259-266.**
- Murtin, F.W. & Rubert3, R. 1972. Yam for production of chips and french fries. J. Agric. Univ. Puerto Rico, (56): 228-234.**

**Nations Unies. 1975. Poverty, unemployment and development policy: a case study of selected issues with references to Kerala. New York, N.Y. Nations Unies. 235 p.**

**Nkamany, K. & Kayinge, K. 1982. Report of mission on spastic paralysis in the valley of rivers Lukula & Inizia in Bandundu. Rep. No. 30, Zaire, Dept. Publ. Health. National Nutrition Planning Centre.**

**National Food Survey Committee. 1983. Household food consumption and expenditure. Annual report. Londres HMSO.**

**Nweke, F.I.. 1981. Consumption patterns and their implications for research and production in tropical Africa. In Terry, E.R., Oduro, K.A. & Caveness, F., ed. Tropical root crops; research strategies for the 1980s. Tro. root crops symp. 1.8-12 sept. 1980. Actes Int. soc. trop. root crops, Africa branch. Ibadan, Nigeria. p. 88-94. Ottawa, CRDI (IDRC-163e).**

**O'Dell, B.L. & Savage, J.E. 1960. Effect of phytic acid on zinc availability. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., (103): 304-309.**

**Ojo, G.O. 1969. Plantain meals and serum 5-hydroxytryptamine in healthy Nigerians. W. Afr. Med. J., (18): 174.**

**Oke, O.L. 1966. Chemical studies on some Nigerian foodstuffs: gari. Nature, (212): 1055-1056.**

- Oke, O.L. 1967. The present state of nutrition in Nigeria. World Rev. Nutr. Diet, (8): 25-61.**
- Oke, O.L. 1968. Cassava as food in Nigeria. World Rev. Nutr. Diet, (9) 227-250.**
- Oke, O.L. 1969. The role of hydrocyanic acid in nutrition. World Rev. Nutr. Diet, (11): 170-198.**
- Oke, O.L. 1972. Yam: a valuable source of food and drugs. World Rev. Nutr. Diet, (15): 156-184.**
- Oke, O.L. 1973. The mode of cyanide detoxication. In Nestel, B. & MacIntyre, ER. Chronic cassava toxicity, Actes d'un atelier interdisciplines. Londres, 29-30 janvier 1973, p. 97-104. Ottawa, CRDI (IDRC-IOe).**
- Oke, O.L. 1984. Processing and detoxification of cassava. In Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21-26 février 1983. p. 329-336. Centre international de la pomme de terre.**
- Oke, O.L. 1986. Cyanide detoxification mechanism by palm oil. Proc. Am. Soc. Expt. Biol. Med., (5): 10.**
- Oke, O.L. & Ojofeitimi, E.O. 1980. Cocoyam - a neglected tuber. World Rev. Nutr. Diet., (34): 133-143.**
- Okigbo, B.N. 1978. Cropping systems and related research in Africa. AAASA Occasional Publ. Ser OT1.81 p.**

**Omole, A., Adwusi, S.R.A., Adeyemo, A. & Oke, O.L. 1978. The nutritive value of tropical fruits and root crops. Nutr. Rep. Int., 17, 575580.**

**Olate, L.U., Cabutaje, E. & Barba, C.V. 1976. Human nutrition in South East Asia. 2<sup>ed</sup>. Quezon City, Philippines Agrix, 230 p.**

**Onayemi, O. & Potter, NN. 1974. Preparation and storage properties of drum dried white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) flakes. J. Food Sci., (39): 559562.**

**Onwueme, I.C. 1978. The tropical tuber crops: yams, cassava, sweet potato and cocoyams. Chichester, Royaume-Uni, Wiley. 234 p.**

**Onwueme, I.C. 1984. The place of the edible aroids in tropical farming systems. In Chandra, S., ed. Edible aroids, p. 136-139. Oxford, Royaume-Uni, Clarendon.**

**Organisation mondiale de la santé. 1985. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Série de rapports techniques, n° 724. Genève, OMS.**

**Osuntokun, B.O. 1968. An neuropathy in Nigeria a clinical biochemical and electrophysiological study. Brain, (91): 215-248.**

**Osuntokun, B.O. 1981. Cassava diet, chronic cyanide intoxication and neuropathy in the Nigerian Africans. World Rev. Nutr. Diet., (36): 141173. Page, E. & Hanning, F.M. 1963. Vitamin**

**B6 and niacin in potatoes. J. Am. Diet. Assoc., (42): 42-45.**

**Palmer, J.K. 1982. Carbohydrates in sweet potato. In Villareal, R1. & Griggs, T.D., Ed. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 135-140. Taiwan, AVRDC.**

**Panalaks, T. & Morray, T.R. 1970. The effect of processing on the content of carotene isomers in vegetables and pesches. Can. Inst. Food Technol. J., (3): 145-151.**

**Payne, P.R. 1969. Effect of quantity and quality of protein on the protein values of diets, Voeding, (30): 182-191.**

**Pena, R.S. de la & Pardales, J.R. 1984. Evidence of proteolytic enzyme activity in taro, Colocasia esculenta. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21-26 février 1983, p.157-159. Centre international de la pomme de terre.**

**Philbrick, D.J., Hill, D.C. & Alexander, J.C. 1977. Physiological and biochemical changes associated with linamarin and administration to rats. Toxicol. ,Asql. Pharmacol., (42): 539.**

**Pineda, MJ. & Rubio, R.R. 1972. Un concepto nuevo en el levante de novillas para ganaderia de leche. Rev. ICA, (7): 405-413.**

**Platt, B.S. 1962. Table of representative values of foods commonly used in tropical countries. Spec. Rep. Ser. Med. Res. Coun. No.302. Londres, HMSO.**

- Plucknett, D.L. 1984. Presidential address: tropical root crops in the eighties. Symp. Int. Soc. Root Crops. 6. Lima, 21-26 février 1983, p.3-8. Centre international de la pomme de terre.**
- Plucknett, D L., Pena, R.S. de la & Obrero, F. 1970. Taro (*Colocasia esculenta*). Field Crop. Abstr., (23): 413-426.**
- Purcell, A.E. & Walter, W.M. 1982. Stability of amino-acids during cooking and processing of sweet potatoes. J. Agric. Food Chem., (30): 443-444.**
- Purseglove, J.W. 1968. Tropical crops: Dicotyledons. 2. Londres, Longman.**
- Purseglove, J.W. 1972. Tropical crops: Monocotyledons. Londres, Longman.**
- Rasper, V. 1969. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. II. Swelling and solubility patterns: amyloclastic susceptibility. J. Sci. Food Agric., (20): 642-646.**
- Rasper, V. 1971. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana. III. Particle size and particle size distribution. J. Sci. Food Agric., (22): 572-580.**
- Rasper, V. & Coursey, D.G. 1967. Properties of starches of some West African yams. J. Sci. Food Agric., (18): 940 944**
- Roine, P., Wickmann, K. & Vihavainen, L. 1955. The content and stability of ascorbic acid in different potato varieties in Finland. Suom. Maataloust. Seur. Julk., (83): 71-87.**



**Rose, M.S. & Cooper, L.F. 1907. The biological efficiency of potato nitrogen. J. Biol. Chem., (30): 201.**

**Rosling, H. 1987. Cassava toxicity and food security. Uppsala, Suède, Tryck Kontakt. 40 p.**

**Roy-Choudhuri, R.N. 1963. Nutritive value of poor Indian diets based on potato. Food Sci., (12): 258.**

**Sakamoto, S. & Bouwkamp, J.C. 1985. Industrial products from sweet potatoes. In Bouwkamp, J.C., ed. Sweet potato products: a natural resource for the tropics. p. 219-259. Boca Raton, Fl., CRC Press.**

**Salaman, R.N. 1949. The history and social influence of the potato. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.**

**Sanint, L.R., Rivas, L., Duque, M.C. & Sere, C. 1985. Análisis de los patrones de consumo de alimentos en Colombia a partir de la encuesta de hogares DANE/DRI de 1981. Rev. Plan. Des., (17-3): 39-68.**

**Satin, M. 1988. Bread without wheat. New Scientist, 28 avril 1988.**

**Scott, G. 1985. Mercados, Mitos e Intermediarios. Lima Universidad del Pacifico.**

**Shaper, A.C. 1967. Plantain diets, serotonin and endomyocardial fibrosis. Am. Heart J. (73):**

**432.**

**Simmonds, N.W. 1962. The evolution of bananas. Londres, Longman.**

**Simmonds, N.W. 1966. Bananas, 2<sup>e</sup> éd. Londres, Longman.**

**Simmonds, N.W. 1976. Banana. In Simmonds, N.W. Evaluation of crop plants, p. 211-215. Londres, Longman.**

**Singh, M. & Krikorian, A.D. 1982. Inhibition of trypsin activity in vitro by phytate. J. Agr. Food Chem., (30): 799-800.**

**Smith, A.D.M. & Duckett, S. 1965. Cyanide, vitamin B12 experimental demyelination and tobacco ambliopia, Br. J. Exp. Path., (46): 615-622.**

**Southwell, B.L. & Black, W.H. 1948. Dehydrated sweet potato for fattening steers. Georgia Agric. Expt. Sta. Bull. 45.**

**Spencer, T. and Heywood, P. 1983. Seasonality, subsistence agriculture and nutrition in a lowlands community of Papua New Guinea. Ecol. Food Nutr., (13): 221-229.**

**Stanton, W.R. & Wallbridge, A.J. 1969. Fermented food processes. Process biochem., (4): 45-51.**


**Steele, WJ.V. & Sammy, G.M. 1976. The processing potentials of yams. I. Laboratory studies on lye peeling of yams. J.Agric. Univ. Puerto Rico. (60): 207-214.**

**Streghtoff, F., Munsell, H.E., BenDor, B., Orr, ML., Caillean, R., Leonard, M.H., Ezekiel, S.R. & Roch, K.G. 1946. Effect of largescale methods of preparation on vitamin content of food. I. Potatoes J. Am. Diet Assoc., (22): 117-127.**

**Swaminathan, K.&Gangwar, B M.L. 1961. Cooking losses of vitamin C in Indian potato varieties. Indian Potato J., (3) 86-91.**

**Sweeney, J.P., Hepner, P.A. & Libeck, S.Y. 1969. Organic acids, amino acid and ascorbic acid content of potatoes as affected by storage conditions. Am. Potato J. (46): 436-469.**

**Tamate, J. & Bradbury, J.H. 1985. Determination of sugars in tropical root crops using CN.m.r. spectroscopy: comparison with the H.p.l.c. method. J. Sci. Food Agric., (36): 1291-1302.**

**Taylor, J.M. 1982. Commercial production of sweet potatoes for flour and feed. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D. d. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 393404. Taiwan, AVRDC.**

**Treadway, R.H., Heisler, E.G., Whittenberger, R.T., Highland, S.M.E. & Getchell, Y.G. 1955. Natural dehydration of cull potatoes by alternate freezing and thawing. Am. Potato J., (32): 293303.**

**True, R.H., Hogan, J.M., Augustin, J., Johnson, S.R., Teitzel, C. & Show, R.L. 1978. Mineral composition of freshly harvested potatoes. Am. Potato. J., (55): 511519.**

**True, R.H., Hogan, J.M., Augustin, J., Johason, S.R., Teitzel, C. & Show, R.L. 1979. Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation III. Minerals. Am. Potato J., (56): 339350.**

**Uritani, I. 1967. Abnormal substances produced in funguscontaminated foodsdustuffs. J. Assoc. Offic. Agric. Chem., (50): 105-114.**

**Villareal, R.L. 1970. The vegetable industry's answer to the protein gap among low-salaried earners. Sugar News (Manila), (46): 482488.**

**Villareal, RL. 1982. Sweet potato in the tropics: progress and problems. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., d. lat. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982, p. 3-15, Taiwan, AVRDC.**

**Walter,W.M. & Catignani, G.L.1981. Biological quality and composition of sweet potato protein fractions. J. Agr. Food Chem., (29): 797-799.**

**Walter, W.M., Catignani, G.L., Yow, L.L. & Porter, D.H. 1983. Protein nutritional value of sweet potato flour. J. Agr. Food Chem., (31): 947949.**

**Whitby, P. 1969. Report on review of information concerning food consumption in Ghana.**

**Rome, FAO. 68 p.**

**Wilson, J.E. 1984. Cocoyam. In Goldsworthy, P.R. & Fisher, N.M., Ed. The physiology of tropical field crops, p. 589-605. Chichester Royaume-Uni, Wiley.**

**Wilson, L.A. 1977. Root crops. In Alvim, P. de T. & Kozlowski T.T., Ed. Ecophysiology of tropical crops, p. 187-236. New York, N.Y., Academic Press.**

**Wokes, F. & Picard, C.W. 1955. The role of vitamin B12 in human nutrition. Am. J. Clin. Nutr., (3): 383-390.**

**Wood, J.L. & Cooley, S.L. 1956. Detoxication of cyanide by cystine. J. Biol. Chem., (218): 449-457.**

**Wood, F.A. & Young, D.A. 1974. TGA in potatoes. Canada Dept. of Agric. Publ. No. 1533.**

**Woolfe, J.A. 1987. The potato in the human diet. Cambridge, Royaume-Uni. Cambridge Univ. Press.**

**Yamaguchi, M., Perdue, J.W. & MacGillivray, J.H. 1960. Nutrient composition of white rose potatoes during growth and after storage. Am. Potato J., (37): 73.**

**Yamaguchi, Y., Mahangu, N.M. & Hahn, S.K. 1981. Effect of processing of cassava storage on cyanide content. Ibadan Nigeria. IITA. (Rapport)**

**Yang, T.H. 1982. Sweet potato as a supplemental staple food. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D.,** **éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 31-36. Taiwan, AVRDC,**

**Yeh, T.P., Wung, S.C., Lin, K. & Kuo, C.G. 1978. Studies on different methods of processing some local feed materials to enhance their nutritive value for swine. Anim. Ind. Res. Inst. Taiwan Sugar Corp. Ann. Res. Report, p. 25. (En chinois avec un résumé en anglais)**

**Yeh, T.P. 1982. Utilization of sweet potatoes for animal feed and industrial uses: potential and problems. In Villareal, R.L. & Griggs, T.D., éd. Int. Symp. Sweet Potato. 1. Tainan, 1982. p. 385392. Taiwan, AVRDC.**

**Yen, D.E.1978. The storage of cassava in Polynesia. Islands. Cassava Newsletter, (3): 9-11.**

**Yet, T.P. & Bouwkamp, J.C. 1985. Roots and vines as animal feed. In Bouwkamp, J.C., éd. Sweet potato products: a natural resource for the tropics. CRC Press.**

---

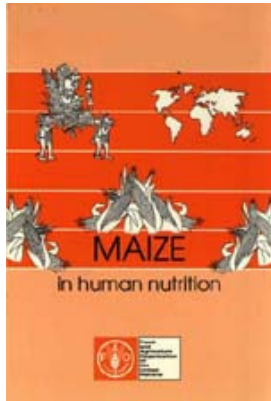
[Table des matières](#) -  [Précédente](#)

[Home](#) "" "" "" "" > [ar.cn.de.en.es.fr.id.it.ph.po.ru.sw](#)

---

# Maize in human nutrition

---



**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**  
Rome, 1992

## Copyright

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is hereby granted without fee and without a formal request provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and full citation on the first page. Copyright for components of this work owned by others than FAO must be honoured. To copy otherwise, to republish, to post on servers, or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or fee.

**Request permission to publish from:**

**The Chief Editor,  
FAO, Viale delle Terme di Caracalla,  
00100 Rome, Italy,  
e-mail:[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)**

# Contents

---

## [Acknowledgments](#)

## [Preface](#)

## [Chapter 1 - Introduction](#)

[Types of maize](#)

[Origin of maize](#)

[The maize plant](#)

[Structure of the maize kernel](#)

[World production](#)

[Uses](#)

## [Chapter 2 - Chemical composition and nutritional value of maize](#)

[Chemical composition of parts of the kernel](#)

[Gross chemical composition](#)

[Nutritional value of maize](#)



## [Chapter 3 - Post-harvest technology: pre-processing](#)

[Drying](#)

[Storage](#)

[Classification of grain quality](#)

## [Chapter 4 - Post-harvest technology: processing](#)

[Forms of maize consumption](#)

[Processing of whole maize: lime-cooking](#)

[Ogi and other fermented maize products](#)

[Arepas](#)

[Other maize preparations](#)

[Milling](#)

## [Chapter 5 - Physical and chemical changes in maize during processing](#)

[Lime-treated maize \(part I\)](#)

[Lime-treated maize \(part II\)](#)

[Ogi and other fermented maize products](#)

[Arepas](#)

[Other dry milling products](#)

## [Chapter 6 - Comparison of nutritive value of common maize and quality protein maize](#)

[Consumption of maize](#)

[Common maize](#)

[Quality protein maize](#)

[Biological value of protein of common maize and QPM](#)

## [Chapter 7 - Approaches to improving the nutritive value of maize](#)

[Genetic approaches](#)

[Processing](#)

[Fortification](#)

## [Chapter 8 - Improvement of maize diets](#)

[Maize/legume consumption](#)

[Limiting nutrients in a maize/bean diet](#)

[Improvement of the maize/legume diet](#)

[QPM](#)

## [Bibliography](#)

## [Further reading](#)

[Home](#)"" """"> [ar.cn.de.en.es.fr.id.it.ph.po.ru.sw](#)

---

# Acknowledgments

[Contents](#) - [Next](#)

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

**David Lubin Memorial Library Cataloguing in Publication Data**

**FAO, Rome (Italy)**

**Maize in human nutrition.**

**(FAO Food and Nutrition Series, No. 25)**

**ISBN 92-5-103013-8**

**1. Maize**

**2. Human Nutrition**

**I. Title****II. Series****FAO code: 80****AGRIS: SO1**

**All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior permission of the copyright owner. Applications for such permission, with a statement of the purpose and extent of the reproduction, should be addressed to the Director, Publications Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.**

**(c) FAO 1992**

---

## **Preface**

**Over the years FAO has published a series of nutrition studies. Maize and maize diets, a nutritional survey published in 1953, covered available information and knowledge on maize up to that date. Since then a vast amount of research information on breeding, varietal improvement' storage, processing, consumption and improvement of the nutritional quality**

**of maize has become available.**

**The need to update and revise the old edition to include this information was keenly felt by FAO, which has decided to publish it under a new title, Maize in human nutrition, and to aim it at a more technical level of readership.**

**The current edition provides expanded information on the chemical composition of maize, including the makeup of maize protein and dietary fibre, on grain quality and storage and on the effects of lime-cooking of maize and the manufacture of foods such as tortillas, arepas and ogi. It reviews evidence of the association between maize consumption, bound niacin and pellagra and presents the evidence of amino acid deficiencies in maize and results obtained from experiments with both humans and animals. It discusses the importance of raising the protein quality of maize through incorporation of the opaque-2 gene and its probable contribution to improving the diet of maize-eating populations, and it makes a strong case for commercial production of quality protein maize (QPM). Finally, it provides a more up-to-date account of how maize diets can be improved following the old principle of nutrition: consume a balanced diet containing food legumes, animal protein, fruits and vegetables.**

**FAO acknowledges the contribution of Prof. R. Bressani of the Institute of Nutrition of Central America and Panama for the extensive revision and rewriting of the book with the technical assistance of Ms Maria Antonietta Rottman. Dr M.A. Hussain, officer-in-charge of Nutrition Programmes Service, Food Policy and Nutrition Division, was responsible for technical editing and preparation of the final manuscript. Valuable suggestions were made by other staff**

**members of the division and of the Plant Production and Protection Division and Agricultural Services Division.**

**This book is intended for nutritionists, agronomists, food scientists, dieticians and others concerned with maize. It is hoped that they will find it useful and worthwhile.**

**Paul Lunven**

**Director**

**Food Policy and Nutrition Division**

---

## **Chapter 1 - Introduction**

### **Types of maize**

**Maize, the American Indian word for corn, means literally "that which sustains life". It is, after wheat and rice, the most important cereal grain in the world, providing nutrients for humans and animals and serving as a basic raw material for the production of starch, oil and protein, alcoholic beverages, food sweeteners and, more recently, fuel. The green plant, made into silage, has been used with much success in the dairy and beef industries. After harvest of the grain, the dried leaves and upper part, including the flowers, are still used today to provide relatively good forage for ruminant animals owned by many small farmers in developing**

**countries. The erect stalks, which in some varieties are strong, have been used as long-lasting fences and walls.**

**Botanically, maize (*Zea mays*) belongs to the grass family (Gramineae) and is a tall annual plant with an extensive fibrous root system. It is a cross pollinating species, with the female (ear) and male (tassel) flowers in separate places on the plant. The grain develops in the ears, or cobs, often one on each stalk; each ear has about 300 to 1 000 kernels, weighing between 190 and 300 g per 1 000 kernels, in a variable number of rows (12 to 16). Weight depends on genetic, environmental and cultural practices. Grain makes up about 42 percent of the dry weight of the plant. The kernels are often white or yellow in colour, although black, red and a mixture of colours are also found. There are a number of grain types, distinguished by differences in the chemical compounds deposited or stored in the kernel.**

**Special crops grown primarily for food include sweet corn and popcorn, although dent, starchy or floury and flint maize are also widely used as food. Flint maize is also used as feed. Immature ordinary corn on the cob either boiled or roasted is widely consumed. Floury maize is a grain with a soft endosperm much used as food in Mexico, Guatemala and the Andean countries. The dent type of maize has a vitreous horny endosperm at the sides and back of the kernel, while the central core is soft. Flint kernels have a thick, hard and vitreous endosperm surrounding a small, granular, starchy centre.**

## **Origin of maize**

**The cultivation of maize or Indian corn most probably originated in Central America, particularly in Mexico, from whence it spread northward to Canada and southward to Argentina. The oldest maize, about 7 000 years old, was found by archaeologists in Teotihuacan, a valley near Puebla in Mexico, but it is possible that there were other secondary centres of origin in the Americas. Maize was an essential item in Mayan and Aztec civilizations and had an important role in their religious beliefs, festivities and nutrition. They claimed that flesh and blood were made from maize. The survival of the oldest maize and its distribution depended on humans who harvested the seed for the following planting. At the end of the fifteenth century, after the discovery of the American continent by Christopher Columbus, maize was introduced into Europe through Spain. It then spread through the warmer climates of the Mediterranean and later to northern Europe. Mangelsdorf and Reeves (1939) have shown that maize is grown in every suitable agricultural region of the world and that a crop of maize is being harvested somewhere around the globe every month of the year. Maize grows from latitude 58 in Canada and the former Union of Soviet Socialist Republics to latitude 40 in the Southern Hemisphere. Maize crops are harvested in regions below sea-level in the Caspian Plain and at altitudes of more than 4 000 m in the Peruvian Andes.**

**In spite of its great diversity of form, all main types of maize known today were apparently already being produced by the native populations when the American continent was discovered. All maize is classified as *Zea mays*. Furthermore, evidence from botany, genetics and cytology has pointed to a common origin for every existing type of maize. Most researchers believe that maize developed from teosinte, *Euchlaena mexicana* Schrod, an**



**annual crop that is possibly its closest relative. Others, however, believe that maize originated in a wild maize that is now extinct. The closeness of teosinte to maize is suggested by the fact that both have ten chromosomes and are homologous or partially homologous.**

**Introgression between teosinte and maize has taken place in the past and still does today in areas of Mexico and Guatemala where teosinte grows among the maize crop. Galinat (1977) indicated that of the various hypotheses on the origin of maize, essentially two alternatives remain viable: first, that present-day teosinte is the wild ancestor of maize and/or that a primitive teosinte is the common wild ancestor of both maize and teosinte or, second, that an extinct form of pod maize was the ancestor of maize, with teosinte being a mutant form of this pod maize.**

**In any case, most of the modern varieties of maize have been derived from materials developed in the southern United States of America, Mexico and Central and South America.**

## **The maize plant**

**The maize plant may be defined as a metabolic system whose end product is mainly starch deposited in specialized organs, the maize kernels.**

**The development of the plant may be divided into two physiological stages. In the first or the vegetative stage, different tissues develop and differentiate until the flower structures**

**appear. The vegetative stage is made up of two cycles. In the first cycle the first leaves are formed and development is upward. Dry matter production in this cycle is slow. It ends with the tissue differentiation of the reproductive organs. In the second cycle the leaves and reproductive organs develop. This cycle ends with the emission of the stigmas.**

**The second stage, also known as the reproductive stage, begins with the fertilization of the female structures, which will develop into ears and grains. The initial phase of this stage is characterized by an increase in the weight of leaves and other flower parts. During the second phase, the weight of the kernels rapidly increases (Tanaka and Yamaguchi, 1972).**

**The plant develops morphological characteristics and differences in the vegetative and reproductive stages as evolutionary consequences of natural selection and domestication. Some genotypes have adapted to specific ecological zones and so have developed such barriers as day-length sensitivity and temperature sensitivity, which limit their adaptability to specific areas of latitude and altitude. Thus improvement programmes must be conducted within the areas where the improved varieties are to be grown. This does not mean, however, that specific genetic characteristics can be attained by backcrossing.**

**The morphology or architecture of the plant has also suffered evolutionary pressures that have resulted in great variability in the number, length and width of leaves, plant height, positions of ears, number of ears per plant, maturation cycles, grain types and number of rows of grain, among many other characteristics.**

**This variability is of great value in improving the productivity of the plant and specific organic components of the grain. The main yield components include the number and weight of grains. These yield components are determined by quantitative genetic effects that can be selected relatively easily. The number of grains depends on the ear and is determined by the number of rows and the number of kernels per row. The size and shape of the kernel determine its weight in the presence of other constant factors such as grain texture and grain density. The ratio of grain weight to total plant weight for most maize lines is about 0.52. From 100 kg of cobs, about 18 kg of grain is obtained. One ha of maize yields about 1.55 tonnes of stalk residue. In field-dried maize plants from three locations in Guatemala, plant dry weight varied from 220 to 314 g. This weight comprised 1.8 percent dried flowers, 14.7 to 27.8 percent stalks, 7.4 to 15.9 percent leaves, 11.7 to 13 percent husks, and 9.7 to 11.5 percent cobs. The field-dried grain represented 30 to 55.9 percent of the whole plant dry weight. These data show the significant yield of plant residues that are often left in the field. The distribution may change, however, since it is accepted that about half of the dry matter is grain and the other half is made up of plant residues excluding roots (Barber, 1979).**

## **Structure of the maize kernel**

**Maize kernels develop through accumulation of the products of photosynthesis, root absorption and metabolism of the maize plant on the female inflorescence called the ear. This structure may hold from 300 to 1 000 single kernels depending on the number of rows, diameter and length of the cob. Kernel weight may be quite variable, ranging from about 19**

**to 40 g per 100 kernels. During harvest the ears of maize are removed from the maize plant either by hand or mechanically. The husks covering the ear are first stripped off, then the kernels are separated by hand or, more often, by machine.**

**TABLE 1 - Weight distribution of main parts of the kernel**

<b>Structure</b>	<b>Percent weight distribution</b>
Pericarp	5-6
Aleurone	2-3
Endosperm	80-85
Germ	10-12

**The maize kernel is known botanically as a caryopsis; a single grain contains the seed coat and the seed, as shown in Figure 1. The figure also shows the four major physical structures of the kernel: the pericarp, hull or bran; the germ or embryo; the endosperm; and the tip cap (dead tissue found where the kernel joins the cob). The gross anatomy and the microscopic structure of these anatomical components were well described by Wolf et al. (1952) and by Wolf, Khoo and Seckinger (1969). They also studied the structure of the improved opaque-2 maize and found differences between its endosperm and that of common maize. The protein matrix was thinner and there were fewer and smaller protein bodies, since there is a**

**restriction in zein synthesis in opaque-2 maize. Robutti, Hoseny and Deyoe (1974) and Robutti, Hoseny and Wasson (1974) reported on the protein distribution, amino acid content and endosperm structure of opaque-2 maize.**

**The weight distribution of the different parts of the maize kernel is shown in Table 1. The endosperm, the largest structure, provides about 83 percent of the kernel weight, while the germ averages 11 percent and the pericarp 5 percent. The remainder is the tip cap, a conical structure that together with the pedicel attaches the kernel to the ear of maize. Table 2 shows the distribution of weight and nitrogen among the anatomical parts of common and selected kernel varieties, such as high-oil and high-protein maize and three quality protein maize (QPM) selections (Bressani and Mertz, 1958). The main difference in the high-oil variety is the size of the germ, which is about three times as large as the germ from common maize with a reduction in endosperm weight. Germ of the high-protein varieties is larger than that of common maize but about half the size of high-oil varieties. There are also differences in the weight of the seed-coats. Table 2 also shows some data for teosinte, the closest relative to maize. The seed weight is much lower than that of maize seed, and the endosperm weighs about half that of maize. The three QPM selections are similar to maize in weight per seed and in weight of the seed-coat, the endosperm and the germ. Similar data have been reported by other authors. Table 3 summarizes data for two common varieties and one opaque-2 maize (Landry and Moureaux, 1980). The two common samples have the same general characteristics as those reported above; the opaque-2 sample, however, has a larger germ providing more nitrogen than the QPM selections in Table 2. With respect to the germ, the**

increase of weight and of nitrogen amounts in absolute as well as relative terms is consistent with other results (Watson, 1987).

**FIGURE 1 - Maize kernel structure: longitudinal section enlarged approximately 30 times**

**TABLE 2 - Distribution of weight and nitrogen among parts of the kernel**

Maize sample	Weight of 20 seeds (g)	Weight distribution (%)			Total N (%)	Nitrogen distribution (%)		
		Seedcoat <sup>a</sup>	Endosperm	Germ		Seedcoat	Endosperm	Germ
US 4251	5.62	6.3	86.3	7.4	1.31	3.3	81.2	15.5
US high oil (HO)	5.72	6.4	71.2	22.4	1.99	2.4	68.4	29.2
US high protein (H5)	4.32	6.9	82.7	10.4	2.24	2.2	83.2	14.6
US high protein (HP)	4.97	7.4	78.9	13.7	2.14	2.7	78.2	19.1
US normal-	4.38	6.7	79.6	13.7	2.14	2.7	78.2	19.1

Sh1 PT US normal mutant-Sh1 PT	2.50	10.7	70.6	18.7	2.21	6.1	64.6	29.3
Tiquisate (TGY)(Guat.)	8.24	4.9	83.9	11.2	1.37	2.8	75.2	22.0
San Sebastian (SSD)(Guat.)	8.24	4.9	83.9	11.2	1.37	2.8	75.2	22.0
Guatemalan 142-48	6.91	6.9	82.1	11.0	1.83	2.6	81.0	16.4
Guatemalan Cuyuta	5.95	5.7	82.5	11.8	1.28	2.9	72.4	24.7
Guatemalan teosinte	1.56	55.6b	44.4	-	1.81 <sup>c</sup>	8.2	91.8d	-
Nutricia QPM	5.91	5.7	82.7	11.6	1.42	1.7	72.8	25.5
QPM yellow	6.49	5.9	81.6	12.5	1.48	2.4	73.4	24.2
QPM white	5.31	5.9	82.4	1.6	1.36	1.4	72.8	25.7

### <sup>a</sup>Pericarp plus tip cap

**<sup>b</sup>Includes the seed-coat (1.3%) and the hull (54.3%)**

**<sup>c</sup>The hull contained 0.26% nitrogen; dehulled teosinte contained 3.81 % nitrogen**

**<sup>d</sup>Includes the germ**

**Source: Bressani and Mertz, 1958**

**TABLE 3 - Weight and nitrogen distribution of parts of common and opaque-2 maize kernels**

Part of kernel	Dry matter (%)			Nitrogen (%)		
	Common	Common	Opaque-2	Common	Common	Opaque-2
Germ	13.5	8.1	35	20.1	14.9	35.1
Endosperm	80.0	84.0	61	76.5	80.5	60.7
Seed coat	6.5	7.9	4	3.4	4.6	4.2

**Source: Landry and Moureaux, 1980**

[Contents](#) - [Next](#)

[Home](#) "" "" "" "" > [ar.cn.de.en.es.fr.id.it.ph.po.ru.sw](#)



## World production

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

**World maize production increased from 1979-1981 to 1987, as shown by continent in Table 4. The land area planted with maize increased from 105 million ha in 1961 to about 127 million ha in 1987. Although part of the increase resulted from additional land area planted, significant increases in production resulted from genetic improvement and more efficient technological field practices and fertilizer applications, as well as from the introduction of new, more highly reproductive varieties.**

**TABLE 4 - World maize production**

Region and year	Area harvested (1 000 ha)	Yield (kg/ha)	Production (1 000 MT)
<b>Africa</b>			
1979-81	18 193	1 554	28 268
1985	19 099	1 522	29 069
1986	19 580	1 575	30 840
1987	19 512	1 395	27 225

<b>North and Central America</b>			
1979-81	39 399	5 393	212 384
1 985	40 915	6 092	249 258
1986	37 688	6 116	230 511
1987	35 187	5 690	200 211
<b>South America</b>			
1979-81	16 751	1 928	32 369
1985	17 813	2 182	38 859
1986	18 799	2 021	38 001
1987	19 413	2 143	41 595
<b>Asia</b>			
1979-81	36 815	2 296	84 531
1985	35 246	2 628	92 629
1986	37 474	2 729	102 274
1987	37 399	2 788	104 269
<b>Europe</b>			
1979-81	11 738	4 668	54 792

1985	11 556	5 423	62 673
1986	11 539	6 207	71 621
1987	11 405	6 039	68 901
<b>Oceania</b>			
1979-81	76	4 359	332
1985	124	3 804	471
1986	107	4 402	471
1987	84	4 302	363
<b>USSR</b>			
1979-81	3 063	2 989	9 076
1985	4 482	3 214	14 406
1986	4 223	2 955	12 479
1987	4 600	3 217	14 800
<b>World</b>			
1979-81	126 035	3 345	421 751
1985	129 235	3 771	487 367
1986	129 411	3 757	486 198

1987	127 605	3 584	457 365
------	---------	-------	---------

**Source: FAO, 1988**

**The developing countries have more area given to maize cultivation than developed countries, but yield in the latter is about four times higher. Since 1961, yields per ha in the United States, for example, have increased significantly, while yields in Mexico, Guatemala and Nigeria (selected as countries where maize intake by the human population is high, particularly in the first two) have increased only slightly. While most of the production in developing countries is for human consumption, in the developed world it is mainly for industrial use and animal feed. The high yields and production in North and Central America are mainly attributed to the United States, which outproduces countries such as Mexico where maize is the most important staple cereal grain. With changing rural-to-urban populations and lifestyles in developing countries, there is a continuous shift to the consumption of wheat, which may influence maize production. There is a slow increase in its use in industry and as an animal feed, particularly for poultry and other monogastric animals. A comparison of the available data for wheat, maize and rice put maize as the second most important cereal grain, after wheat and before rice. In terms of yield per hectare, however, maize outyields the other two. The only food crop outyielding maize in tonnes per hectare is potatoes in their unprocessed state, though not on an equal moisture basis.**

## **Uses**

**As indicated in previous sections, maize has three possible uses: as food, as feed for livestock and as raw material for industry. As a food, the whole grain, either mature or immature, may be used; or the maize may be processed by dry milling techniques to give a relatively large number of intermediary products, such as maize grits of different particle size, maize meal, maize flour and flaking grits. These materials in turn have a great number of applications in a large variety of foods. Maize grown in subsistence agriculture continues to be used as a basic food crop. In developed countries more than 60 percent of the production is used in compounded feeds for poultry, pigs and ruminant animals. In recent years, even in developing countries in which maize is a staple food, more of it has been used as an animal feed ingredient. "High moisture" maize has been paid much attention recently as an animal feed because of its lower cost and its capacity to improve efficiency in feed conversion. The by-products of dry milling include the germ and the seed-coat. The former is used as a source of edible oil of high quality. The seed-coat or pericarp is used mainly as a feed, although in recent years interest has developed in it as a source of dietary fibre (Earll et al., 1988; Burge and Duensing, 1989). Wet milling is a process applicable mainly in the industrial use of maize, although the alkaline cooking process used in manufacturing tortillas (the thin, flat bread of Mexico and other Central American countries) is also a wet milling operation that removes only the pericarp (Bressani, 1990). Wet milling yields maize starch and by-products such as maize gluten, used as a feed ingredient. The maize germ processed to produce oil gives as a by-product maize germ meal, used as an animal feedstuff. Some attempts have been made to use these by-products for humans in food mixes and formulations.**

**Although the technology has been available for a long time, the increase in fuel oil prices has resulted in much research on the fermentation of maize to produce alcohol, popular in some states of North America. Fermentation also provides some alcoholic beverages.**

**Finally, maize plant residues also have important uses, including animal feeds as well as a number of chemicals produced from the cobs, such as furfural and xylose. These residues are also important as soil conditioners.**

---

## **Chapter 2 - Chemical composition and nutritional value of maize**

**There are significant amounts of data on the chemical composition of maize. Many studies have been conducted to understand and evaluate the effects of the genetic make-up of the relatively large number of available maize varieties on chemical composition, as well as the effects of environmental factors and agronomic practices on the chemical constituents and nutritive value of the kernel and its anatomical parts. Chemical composition after processing for consumption is an important aspect of nutritive value (see Chapter 5); it is affected by the physical structure of the kernel, by genetic and environmental factors, by processing and by other links in the food chain. In this chapter, the chemical nature of maize, of both common and quality protein types, is described as a basis for understanding the nutritive value of**

**various maize products consumed throughout the world.**

## **Chemical composition of parts of the kernel**

**There are important differences in the chemical composition of the main parts of the maize kernel as shown in Table 5. The seed-coat or pericarp is characterized by a high crude fibre content of about 87 percent, which is constituted mainly of hemicellulose (67 percent), cellulose (23 percent) and lignin (0.1 percent) (Burge and Duensing, 1989). On the other hand, the endosperm contains a high level of starch (87.6 percent) and protein levels of about 8 percent. Crude fat content in the endosperm is relatively low. Finally, the germ is characterized by a high crude fat content, averaging about 33 percent. The germ also contains a relatively high level of protein (18.4 percent) and minerals. Some information is available on the chemical composition of the aleurone layer (see Figure 1), which is relatively high in protein content (about 19 percent) as well as in crude fibre. Tables 2 and 3 provide some additional details on nitrogen distribution in the maize kernel. The endosperm contributes the largest amount, followed by the germ, with only small amounts from the seed-coat. About 92 percent of the protein in teosinte comes from the endosperm. Protein in the maize kernel has been reported on by a number of researchers (e.g. Bressani and Mertz, 1958).**

**TABLE 5 - Proximate chemical composition of main parts of maize kernels (%)**

<b>Chemical component</b>	<b>Pericarp</b>	<b>Endosperm</b>	<b>Germ</b>
---------------------------	-----------------	------------------	-------------

Protein	3.7	8.0	18.4
Ether extract	1.0	0.8	33.2
Crude fibre	86.7	2.7	8.8
Ash	0.8	0.3	10.5
Starch	7.3	87.6	8.3
Sugar	0.34	0.62	10.8

**Source: Watson, 1987**

**From the data shown in Tables 2 and 3 it is evident that the carbohydrate and protein contents of maize kernels depend to a very large extent on the endosperm, and crude fat and to a lesser extent protein and minerals on the germ. Crude fibre in the kernel comes mainly from the seed-coat. The weight distribution among parts of the maize kernel and their particular chemical composition and nutritive value are of great importance when maize is processed for consumption. In this regard there are two important matters from the nutritive point of view. Germ oil provides relatively high levels of fatty acids (Bressani et al., 1990; Weber, 1987). Where there are high intakes of maize, as in certain populations, those who consume the degermed grain will obtain less fatty acids than those who eat processed whole maize. This difference is probably equally important with respect to protein, since the amino acid content of germ proteins is quite different from that of endosperm protein. This is indicated in Table 6, in which essential amino acids are expressed as mg percent by weight**



and as mg per g N. As Table 2 shows, the endosperm represents between 70 and 86 percent of the kernel weight and the germ between 7 and 22 percent. It follows that, in considering the whole kernel, the essential amino acid content is a reflection of the amino acid content in the protein of the endosperm, in spite of the fact that the amino acid pattern in the germ protein is higher and better balanced. Germ proteins nevertheless contribute a relatively high amount of certain amino acids, although not enough to provide a higher quality of protein in the whole kernel. The germ provides some lysine and tryptophan, the two limiting essential amino acids in maize protein. Endosperm proteins are low in lysine and tryptophan, as is the whole grain protein (see Table 6, in which the FAO/WHO essential amino acid pattern is also shown). The deficiencies in lysine tryptophan and isoleucine have been well demonstrated by numerous animal studies (Howe, Janson and Gilfillan, 1965) as well as by a few studies on humans (Bressani, 1971).

**TABLE 6 - Essential amino acid content of germ protein and endosperm protein**

Amino acid	Endosperm <sup>a</sup>		Germ <sup>b</sup>		FAD/WHO pattern
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N	
Tryptophan	48	38	144	62	60
Threonine	315	249	622	268	250
Isoleucine	365	289	578	249	250

Leucine	1 024	810	1 030	444	440
Lysine	228	180	791	341	340
Total sulphur amino acids	249	197	362	156	220
Phenylalanine	359	284	483	208	380
Tyrosine	483	382	343	148	380
Valine	403	319	789	340	310

**<sup>a</sup>1.16 percent N**

**<sup>b</sup>2.32 percent N**

**Source: Orr and Watt, 1957**

**TABLE 7 - Net protein of whole grain, germ and endosperm of Guatemalan maize varieties<sup>a</sup>**

Sample	Yellow	Azotea	Cuarenteo	Opaque-2
Whole grain	42.5	44.3	65.4	81.4
Germ	65.7	80.4	90.6	85.0
Endosperm	40.9	42.0	46.4	77.0



## Gross chemical composition

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

Information on the gross chemical composition of maize is abundant. The variability of each major nutrient component is great. Table 8 summarizes data on various types of maize taken from several publications. The variability observed is both genetic and environmental. It may influence the weight distribution and individual chemical composition of the endosperm, germ and hull of the kernels.

**TABLE 8 - Gross chemical composition of different types of maize (%)**

Maize type	Moisture	Ash	Protein	Crude fibre	Ether extract	Carbohydrate
Salpor	12.2	1.2	5.8	0.8	4.1	75.9
Crystalline	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3
Floury	9.6	1.7	10.7	2.2	5.4	70.4
Starchy	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8
Sweet	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3
Pop	10.4	1.7	13.7	2.5	5.7	66.0

Black	12.3	1.2	5.2	1.0	4.4	75.9
-------	------	-----	-----	-----	-----	------

**Source: Cortez and Wild-Altamirano, 1972**

## **Starch**

**The major chemical component of the maize kernel is starch, which provides up to 72 to 73 percent of the kernel weight. Other carbohydrates are simple sugars present as glucose, sucrose and fructose in amounts that vary from 1 to 3 percent of the kernel. The starch in maize is made up of two glucose polymers: amylose, an essentially linear molecule, and amylopectin, a branched form. The composition of maize starch is genetically controlled. In common maize, with either the dent or flint type of endosperm, amylose makes up 25 to 30 percent of the starch and amylopectin makes up 70 to 75 percent. Waxy maize contains a starch that is 100 percent amylopectin. An endosperm mutant called amylose-extender (ae) induces an increase in the amylose proportion of the starch to 50 percent and higher. Other genes, alone or in combination, may also modify the amylose-to-amylopectin ratio in maize starch (Boyer and Shannon, 1987).**

## **Protein**

**After starch, the next largest chemical component of the kernel is protein. Protein content varies in common varieties from about 8 to 11 percent of the kernel weight. Most of it is found in the endosperm. The protein in maize kernels has been studied extensively. It is made**

**up of at least five different fractions, according to Landry and Moureaux (1970, 1982). In their scheme, albumins, globulins and non-protein nitrogen amount to about 18 percent of total nitrogen, in a distribution of 7 percent, 5 percent and 6 percent, respectively. The prolamine fraction soluble in 55 percent isopropanol and isopropanol with mercaptoethanol (ME) contributes 52 percent of the nitrogen in the kernel. Prolamine 1 or zein 1 soluble in 55 percent isopropanol is found in the largest concentration, about 42 percent, with 10 percent provided by prolamine 2 or zein 2. An alkaline solution, pH 10 with 0.6 percent ME, extracts the glutelin fraction 2, in amounts of about 8 percent, while glutelin 3 is extracted with the same buffer as above with 0.5 percent sodium dodecyl sulphate in amounts of 17 percent for a total globulin content of 25 percent of the protein in the kernel. Usually a small amount, about 5 percent, is residual nitrogen.**

**Table 9 summarizes data by Ortega, Villegas and Vasal (1986) on the protein fractionation of a common maize (Tuxpeo-1) and a QPM (Blanco Dentado-1). Fractions II and III are zein I and zein II, of which zein I (Fraction II) is significantly higher in the Tuxpeo-1 variety than in the QPM. Similar results have been published by other researchers. Amounts of the alcohol-soluble proteins are low in immature maize. They increase as the grain matures. When these fractions were analysed for their amino acid content, the zein fraction was shown to be very low in lysine content and lacking in tryptophan. Since these zein fractions make up more than 50 percent of the kernel protein, it follows that the protein is also low in these two amino acids. The albumin, globulin and glutelin fractions, on the other hand, contain relatively high levels of lysine and tryptophan. Another important feature of the zein fractions is their very**

**high content of leucine, an amino acid implicated in isoleucine deficiency (Patterson et al., 1980).**

**Quality protein maize differs from common maize in the weight distribution of the five protein fractions mentioned above, as shown in Table 9. The extent of the change is variable and affected by genotype and cultural conditions. It has been found, however, that the opaque-2 gene reduces the concentration of zein by some 30 percent. As a result, lysine and tryptophan content is higher in QPM varieties than in common maize.**

**TABLE 9 - Protein fraction distribution of Tuxpeo-1 and Blanco Dentado-1 QPM (whole grain)**

Fraction	Blanco Dentado-1 QPM		Tuxpeo-1	
	Protein (mg)	Percent protein	Protein (mg)	Percent total protein
I	6.65	31.5	3.21	16.0
II	1.25	5.9	6.18	30.8
III	1.98	9.4	2.74	13.7
IV	3.72	17.6	2.39	12.0
V	5.74	27.2	4.08	20.4
Residue	1.76	8.3	1.44	7.1

**Source: Ortega, Villegas and Vasal, 1986**

**The nutritional quality of maize as a food is determined by the amino acid make-up of its protein. Representative amino acid values are shown in Table 10 for both common maize and QPM. To establish the adequacy of the essential amino acid content the table also includes the FAD/WHO essential amino acid pattern. In common maize, deficiencies in lysine and tryptophan are evident as compared with QPM. An additional important feature is the high leucine content in common maize and the lower value of this amino acid in QPM.**

**Oil and fatty acids**

**The oil content of the maize kernel comes mainly from the germ. Oil content is genetically controlled, with values ranging from 3 to 18 percent. The average fatty acid composition of the oil in selected varieties from Guatemala is shown in Table 11. These values differ to some extent; it may be expected that oils from different varieties have different compositions. Maize oil has a low level of saturated fatty acids, i.e. on average 11 percent palmitic and 2 percent stearic acid. On the other hand, it contains relatively high levels of polyunsaturated fatty acids, mainly linoleic acid with an average value of about 24 percent. Only very small amounts of linoleic and arachidonic acids have been reported. Furthermore, maize oil is relatively stable since it contains only small amounts of linoleic acid (0.7 percent) and high levels of natural antioxidants. Maize oil is highly regarded because of its fatty acid distribution, mainly oleic and linoleic acids. In this respect, populations that consume degermed maize benefit less in terms of oil and fatty acids than populations that consume**



**whole-kernel products.****TABLE 10 - Amino acid content of maize and teosinte (%)****TABLE 11 - Fatty acid content of Guatemalan maize varieties and Nutricia QPM (%)**

<b>Maize variety</b>	<b>C16:0 Palmitic</b>	<b>C18:0 Stearic</b>	<b>C18:1 Oleic</b>	<b>C18:2 Linoleic</b>	<b>C18:3 Linolenic</b>
QPM Nutricia	15.71	3.12	36.45	43.83	0.42
Azotea	12.89	2.62	35.63	48.85	-
Xetzoc	11.75	3.54	40.07	44.65	-
Tropical White	15.49	2.40	34.64	47.47	-
Santa Apolonia	11.45	3.12	38.02	47.44	-

**Source: Bressani et al., 1990**

**Dietary fibre**

**After carbohydrates, proteins and fats, dietary fibre is the chemical component found in the greatest amounts. The complex carbohydrate content of the maize kernel comes from the pericarp and the tip cap, although it is also provided by the endosperm cell walls and to a**

**smaller extent the germ cell walls. The total soluble and insoluble dietary fibre content of maize kernels is shown in Table 12. Differences in soluble and insoluble dietary fibre are small between samples, even though QPM Nutricia has higher levels of total dietary fibre than common maize, mainly because of a higher level of insoluble fibre. Table 13 shows values of fibre expressed as acid and neutral detergent fibre, hemicellulose and lignin in whole maize. The values shown in the table are similar to those reported by Sandstead et al. (1978) and Van Soest, Fadel and Sniffen (1979). Sandstead et al. found that maize bran was composed of 75 percent hemicellulose, 25 percent cellulose and 0.1 percent lignin on a dry-weight basis. Dietary fibre content in dehulled kernels would obviously be lower than that of whole kernels.**

**TABLE 12 - Soluble and insoluble dietary fibre In common and quality protein maize (%)**

Maize type	Dietary fibre		
	Insoluble	Soluble	Total
Highland	10.94 1.26	1.25 0.41	12.19 1.30
Lowland	11.15 1.08	1.64 0.73	12.80 1.47
<b>QPM Nutricia</b>	13.77	1.14	14.91

**Source: Bressani, Breuner and Ortiz, 1989**

**TABLE 13 - Neutral and acid detergent fibre, hemicellulose and lignin in five maize varieties (%)**

Maize No.	Neutral detergent fibre	Acid detergent fibre	Hemicellulose	Lignin	Cellular walls
1	8.21	3.23	4.98	0.14	9.1
2	10.84	2.79	8.05	0.12	10.8
3	9.33	3.08	6.25	0.13	12.0
4	11.40	2.17	9.23	0.12	13.1
5	14.17	2.68	11.44	0.14	14.2
Average	10.79 2.27	2.79 0.44	8.00 2.54	0.13 0.01	11.8 2.0

**Source: Bressani, Breuner and Ortiz, 1989**

### **Other carbohydrates**

**When mature, the maize kernel contains carbohydrates other than starch in small amounts. Total sugars in the kernel range between 1 and 3 percent, with sucrose, the major component, found mostly in the germ. Higher levels of monosaccharides, disaccharides and trisaccharides**

**are present in maturing kernels. At 12 days after pollination the sugar content is relatively high, while starch is low. As the kernel matures, the sugars decline and starch increases. For example, sugars were found to have reached a level of 9.4 percent of kernel dry weight in 16-day-old kernels, but the level decreased significantly with age. Sucrose concentration at 15 to 18 days after pollination was between 4 and 8 percent of kernel dry weight. These relatively high levels of reducing sugar and sucrose are possibly the reason why immature common maize and, even more, sweet maize are so well liked by people.**

## **Minerals**

**The concentration of ash in the maize kernel is about 1.3 percent, only slightly lower than the crude fibre content. The average mineral content of some samples from Guatemala is shown in Table 14. Environmental factors probably influence the mineral content. The germ is relatively rich in minerals, with an average value of 11 percent as compared with less than 1 percent in the endosperm. The germ provides about 78 percent of the whole kernel minerals. The most abundant mineral is phosphorus, found as phytate of potassium and magnesium. All of the phosphorus is found in the embryo, with values in common maize of about 0.90 percent and about 0.92 percent in opaque-2 maize. As with most cereal grains, maize is low in calcium content and also low in trace minerals.**

## **Fat-soluble vitamins**

**The maize kernel contains two fat-soluble vitamins: provitamin A, or carotenoids, and vitamin**

**E. Carotenoids are found mainly in yellow maize, in amounts that may be genetically controlled, while white maize has little or no carotenoid content. Most of the carotenoids are found in the hard endosperm of the kernel and only small amounts in the germ. The betacarotene content is an important source of vitamin A, but unfortunately yellow maize is not consumed by humans as much as white maize. Squibb, Bressani and Scrimshaw (1957) found beta-carotene to be about 22 percent of total carotenoids (6.4 to 11.3 g per gram) in three yellow maize samples. Cryptoxanthin accounted for 51 percent of total carotenoids. Vitamin A activity varied from 1.5 to 2.6 g per gram. The carotenoids in yellow maize are susceptible to destruction after storage. Watson (1962) reported values of 4.8 mg per kg in maize at harvest, which decreased to 1.0 mg per kg after 36 months of storage. The same loss took place with xanthophylls. Recent studies have shown that the conversion of beta-carotene to vitamin A is increased by improving the protein quality of maize.**

**TABLE 14 - Mineral content of maize (Average of five samples)**

<b>Mineral</b>	<b>Concentration (mg/100 g)</b>
P	299.6 57.8
K	324.8 33.9
Ca	48.3 12.3
Mg	107.9 9.4

Na	59.2 4.1
Fe	4.8 1.9
Cu	1.3 0.2
Mn	1.0 0.2
Zn	4.6 1.2

**Source: Bressani, Breuner and Ortiz, 1989**

**The other fat-soluble vitamin, vitamin E, which is subject to some genetic control, is found mainly in the germ. The source of vitamin E is four tocopherols, of which alpha-tocopherol is the most biologically active. Gamma-tocopherol is probably more active as an antioxidant than alphotocopherol, however.**

### **Water-soluble vitamins**

**Water-soluble vitamins are found mainly in the aleurone layer of the maize kernel, followed by the germ and endosperm. This distribution is important in processing, which, as will be shown later, induces significant losses of the vitamins. Variable amounts of thiamine and riboflavin have been reported. The content is affected by the environment and cultural practices rather than by genetic make-up. Variability between varieties has, however, been reported for both vitamins. The water-soluble vitamin nicotinic acid has attracted much**

**research because of its association with niacin deficiency or pellagra, which is prevalent in populations consuming high amounts of maize (Christianson et al., 1968). As with other vitamins, niacin content varies among varieties, with average values of about 20 g per gram. A feature peculiar to niacin is that it is bound and therefore not available to the animal organism. Some processing techniques hydrolyze niacin, thereby making it available. The association of maize intake and pellagra is a result of the low levels of niacin in the grain, although experimental evidence has shown that amino acid imbalances, such as the ratio of leucine to isoleucine, and the availability of tryptophan are also important (Gopalan and Rao, 1975; Patterson et al., 1980).**

**Maize has no vitamin B12, and the mature kernel contains only small amounts of ascorbic acid, if any. Yen, Jensen and Baker (1976) reported a content of about 2.69 mg per kg of available pyridoxine. Other vitamins such as choline, folic acid and pantothenic acid are found in very low concentrations.**

### **Changes in chemical composition and nutritive value during grain development**

**In many countries, immature maize is often used as a food, either cooked whole as corn on the cob or ground to remove the seed-coat, with the pulp used to make thick gruels or foods like tamalitos. The changes in chemical composition that take place upon maturation are important. All relevant studies have shown a decrease in nitrogen, crude fibre and ash on a dry-weight basis and an increase in starch and ether extract (e.g. Ingle, Bietz and Hageman, 1965). The alcohol-soluble proteins increase rapidly as the kernel matures, while acid- and**

**alkali-soluble proteins decrease. During this biochemical process arginine, isoleucine, leucine and phenylalanine (expressed as mg per g N) increase, while lysine methionine and tryptophan decrease with maturation. Gmez-Brenes, Elas and Bressani (1968) further showed a decrease in protein quality (expressed as protein efficiency ratio). Thus, immature maize should be promoted during weaning or for infant nutrition.**

## **Nutritional value of maize**

**The importance of cereal grains to the nutrition of millions of people around the world is widely recognized. Because they make up such a large part of diets in developing countries, cereal grains cannot be considered only as a source of energy, as they provide significant amounts of protein as well. It is also recognized that cereal grains have a low protein concentration and that protein quality is limited by deficiencies in some essential amino acids, mainly lysine Much less appreciated, however, is the fact that some cereal grains contain an excess of certain essential amino acids that influence the efficiency of protein utilization. The classic example is maize. Other cereal grains have the same constraints but less obviously.**

**A comparison of the nutritional value of maize protein with the protein quality of eight other cereals is given in Table 15, expressed as percentages of casein. The protein quality of common maize is similar to that of the other cereals except rice. Both opaque-2 maize and the hard-endosperm QPM (Nutricia) have a protein quality not only higher than that of common**



**maize, but also significantly higher than that of other cereal grains.**

**The reasons for the low quality of maize proteins have been extensively studied by numerous investigators. Among the first were Mitchell and Smuts (1932) who obtained a definite improvement in human growth when 8 percent maize protein diets were supplemented with 0.25 percent lysine. These results have been confirmed over the years by several authors (e.g. Howe, Janson and Gilfillan, 1965), while others (e.g. Bressani, Elsas and Graham, 1968) have shown that the addition of lysine to maize causes only a small improvement in protein quality. These differing results may be explained by variations in the lysine content of maize varieties. Work in this field led to the discovery by Mertz, Bates and Nelson (1964) of the highlysine maize called opaque-2.**

**TABLE 15 - Protein quality of maize and other cereal grains**

<b>Cereal</b>	<b>Protein quality (% casein)</b>
Common maize	32.1
Opaque-2 maize	96.8
QPM	82.1
Rice	79.3

Wheat	38.7
Oats	59.0
Sorghum	32.5
Barley	58.0
Pearl millet	46.4
Finger millet	35.7
Teff	56.2
Rye	64.8

**Some researchers (Hogan et al., 1955) have reported that tryptophan rather than lysine is the first limiting amino acid in maize, which may be true for some varieties with a high lysine concentration or for maize products modified by some kind of processing. All researchers have agreed that the simultaneous addition of both lysine and tryptophan improves the protein quality of maize significantly; this has been demonstrated in experimental work with animals.**

**The improvement in quality obtained after the addition of lysine and tryptophan has been small in some studies and higher in others when other amino acids have been added. Apparently, the limiting amino acid after lysine and tryptophan is isoleucine, as detected from animal feeding studies (Benson, Harper and Elvehjem, 1955). Most researchers who reported such findings indicated that the effect of isoleucine addition resulted from an excess of**

**leucine which interfered with the absorption and utilization of isoleucine (Harper, Benton and Elvehjem, 1955; Benton et al., 1956). It has been reported that high consumption of leucine along with the protein in maize increases niacin requirements, and this amino acid could be partly responsible for pellagra.**

**When a response to threonine addition has been observed, it has been attributed to this amino acid's correction of amino acid imbalances caused by the addition of methionine. A similar role can be ascribed to added isoleucine resulting in improved performance. Similarly, the addition of valine, which results in a decrease in protein quality, could be counteracted by the addition of either isoleucine or threonine.**

**In any case, isoleucine seems to be more effective than threonine, producing more consistent results. A possible explanation for these findings is that maize is not deficient in either isoleucine or threonine. However, some samples of maize may contain larger amounts of leucine, methionine and valine, and these require the addition of isoleucine and threonine besides lysine and tryptophan to improve protein quality. In any case, the addition of 0.30 percent L-lysine and 0.10 percent L-tryptophan easily increases the protein quality of maize by 150 percent (Bressani, Elsas and Graham, 1968). Many of the results of the limiting amino acids in maize protein are influenced by the level of protein in the maize. As was indicated previously, protein content in maize is a genetic trait that is affected by nitrogen fertilization. The observed increase in protein content is highly correlated with zein, or the alcohol-soluble protein, which is low in lysine and tryptophan and contains excessive amounts of leucine. Frey (1951) found a high correlation between protein content and zein in maize, a finding that**

**has been confirmed by others. Using different animal species, various authors have concluded that the protein quality of low-protein maize is higher than that of high-protein maize when the protein in the diets used is the same. However, weight for weight, high-protein maize is slightly higher in quality than low-protein maize. The levels of dietary protein, then, affect the response observed upon amino acid supplementation with lysine and tryptophan in particular but with other amino acids as well, such as isoleucine and threonine.**

---

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

[Home](#) > [ar](#).[cn](#).[de](#).[en](#).[es](#).[fr](#).[id](#).[it](#).[ph](#).[po](#).[ru](#).[sw](#)

---

## Chapter 3 - Post-harvest technology: pre-processing

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)

The chemical components and nutritive value of maize do not lose their susceptibility to change when the grain is harvested. Subsequent links in the food chain, such as storage and processing, may also cause the nutritional quality of maize to decrease significantly or, even worse, make it unfit for either human and animal consumption or industrial use.

### Drying

**Maize harvesting is highly mechanized in developed countries of the world, while it is still done manually in developing countries. The mechanized system removes not only the ear from the plant but also the grain from the cob, while manual harvesting requires initial removal of the ear, which is shelled at a later stage. In both situations, maize is usually harvested when its moisture content is in the range of 18 to 24 percent. Damage to the kernel (usually during the shelling operation) is related to moisture content at harvest; the lower the moisture content, the less the damage.**

**Changes in the physical quality of the grain are often a result of mechanical harvesting, shelling and drying. The first two processes sometimes result in external damage, such as the breaking of the pericarp and parts around the germ, facilitating attack by insects and fungi. Drying, on the other hand, does not cause marked physical damage. However, if it is carried out too rapidly and at high temperatures, it will induce the formation of stress cracks, puffiness and discoloration, which will affect the efficiency of dry milling and other processes (Paulsen and Hill, 1985).**

**In tropical countries, drying is sped up by bending down the upper part of the plant holding the ear, a practice that also prevents the kernels from becoming soaked when it rains. In either mechanical or manual harvesting, the shelled kernels contain too much moisture for safe storage, and they must be dried to safe moisture levels of about 12 percent at 30C and about 14 percent at 10C (Herum,1987). Storage stability depends on the relative humidity of the interstitial gases, which is a function of both moisture content in the kernel and temperature. Low moisture content and low storage temperatures reduce the opportunity for**

**deterioration and microbial growth. Aeration therefore becomes an important operation in maize storage as a means of keeping down the relative humidity of interstitial gases.**

**Significant maize losses have been reported in tropical countries. Losses of up to 10 percent have been found, not including those losses caused by fungi, insects or rodents. If these were included, losses could go up to 30 percent in tropical humid areas or 10 to 15 percent in temperate areas. Schneider (1987) reported post-production losses in Honduras of 6.5 to 8.7 percent in the field and of 7.4 to 13.9 percent in storage. Losses due to fungi (mainly aspergillus and penicillium) are important for both economic and health reasons because of aflatoxins and mycotoxins (de Campos, Crespo-Santos and Olszyna-Marzys, 1980).**

**In a survey on maize sold in rural markets in Guatemala, Martinez-Herrera (1968) found considerable contamination by several fungi. Among these, some Aspergillus species, well known as aflatoxin producers, were frequently present. There is evidence that maximum aflatoxin contamination of maize in Guatemala is during the rainy season. Samples analysed 20 days after maize was harvested had levels of 130 g aflatoxin per kg of total maize. The same samples analysed 60 days later showed a great increase of up to 1 680 g per kg. These data as well as data from several other studies strongly indicate the need to dry maize before storage. Diverse drying systems and equipment are available, using various sources of energy including solar energy (Herum, 1987). A number of factors must be considered such as temperature and air velocity, rate of drying, drying efficiencies, kernel quality, air power, fuel source, fixed costs and management. Drying is an important step in ensuring good quality grain that is free of fungi and micro-organisms and that has desirable quality characteristics**

**for marketing and final use.**

## **Drying Methods**

***Layer drying.*** In this method, the harvested grain is placed in a bin one layer at a time. Each layer of grain is partially dried, before the next is added, by forcing air through a perforated floor or through a duct in the bottom of the bin. To improve efficiency, the partially dried grain is stirred and mixed with the new layer. An alternative is to remove the partially dried grain and dry it completely in batches. One of the problems with this and other methods of drying is in finding a way to mix low-moisture grain with high-moisture grain to get the desired equilibrium in the final product. Spoilage often occurs in this attempt. Sauer and Burroughs (1980) reported that equilibrium was more than 80 percent complete in 24 hours. Methods have been developed to detect highmoisture maize in mixtures with artificially dried maize.

***Portable batch dryers.*** Since drying installations are costly, few maize producers, particularly small farmers, can afford to have their own. Portable batch dryers are useful since they can be moved from farm to farm. These dryers operate with air heated to 140 to 180F (60 to 82C).

***Continuous flow dryers.*** The principle behind these dryers is the continuous flow of grain through heated and unheated sections so that it is discharged dry and cool. The equipment is the central point in grain storage depots.

## **Storage**

### **Biotic and non-biotic factors**

**The efficient conservation of maize, like that of other cereal grains and food legumes, depends basically on the ecological conditions of storage; the physical, chemical and biological characteristics of the grain; the storage period; and the type and functional characteristics of the storage facility. Two important categories of factors have been identified. First are those of biotic origin, which include all elements or living agents that, under conditions favourable for their development, will use the grain as a source of nutrients and so induce its deterioration. These are mainly insects, microorganisms, rodents and birds. Second are non-biotic factors, which include relative humidity, temperature and time. The effects of both biotic and nonbiotic factors are influenced by the physical and biochemical characteristics of the grain. Changes during storage are influenced by the low thermal conductivity of the grain, its water absorption capacity, its structure, its chemical composition, its rate of respiration and spontaneous heating, the texture and consistency of the pericarp and the method and conditions of drying.**

**Nutrient losses have been reported in maize stored under unfavourable conditions. Quackenbush (1963) showed carotene losses in maize stored under different temperature and moisture conditions. In other studies common and QPM maize were stored in different types of containers with and without chemicals. After six months samples were examined for**



**damage by insects and fungi and for changes in protein quality. In both types there was some damage to the unprotected maize but not to that stored with chemicals. Protein quality was not affected (Bressani et al., 1982). Other changes subsequent to drying and storage included a decreased solubility of proteins; changes in nutritive value for pigs; changes in sensory properties (Abramson, Sinka and Mills, 1980); and changes in in vitro digestibility resulting from heat damage (Onigbinde and Akinyele, 1989).**

**Although damage caused by insects and birds is of importance, a great deal of attention has been paid to the problems caused by micro-organisms, not only because of the losses they induce in the grain, but more importantly, because of the toxic effects of their metabolic by-products on human and animal health.**

**Studies on the nutritional effects of insect infestation of maize are not readily available. Daniel et al. (1977) and Rajan et al. (1975) have reported losses in threonine and in protein quality of maize infested with *Sitophilus oryzae*. In the first study, protein efficiency ratio (PER) decreased after three months from an initial value of 1.30 to 0.91. In the second study, threonine decreased from 3.5 to 2.9 g per 16 g N and PER decreased from 1.49 to 1.16. These researchers also reported that the damaged maize was less efficient in complementing food legumes.**

**Also of nutritional significance was an increase in uric acid from 3.5 to 90.6 mg per 100 g after three months. Thiamine losses were detected as well.**

**Bressani et al. (1982) evaluated five chemicals and three types of containers for their effectiveness in protecting QPM's nutritional quality against insect damage. About 38 percent of the untreated grain (control) was damaged by insects. This did not, however, affect its protein quality.**

**Several research studies have identified an association between insect damage and toxin contamination (e.g. Fennellet al., 1978; Perez, Tuite and Baker, 1982).**

**Christensen (1967) measured selected changes in United States No. 2 maize stored for two years with moisture contents of 14.5 and 15.2 percent and at temperatures of 12, 20 and 25C. Changes in condition were evaluated by appearance, fungal invasion, germination percentage and final fat acidity value. Samples stored at 25C deteriorated rapidly at both levels of moisture content. The samples with 15.2 percent moisture changed slightly after six months at 12C but appreciably after two years. The maize stored with 14.5 percent moisture content retained its original condition when kept at 12C for the twoyear period and changed only slightly in 18 months at 20C. However, large variability in the insect-fungi interaction was observed. Some maize-growing regions have experienced extensive insect damage to maturing ears with no occurrence of aflatoxin, while other areas with equivalent insect damage have exhibited relatively broad incidences of the toxin in kernels at harvest.**

**Many studies have been conducted to assess the nutritional value of mouldy maize. Although some increase in B-vitamin content has been reported, possibly as a result of the metabolites of the micro-organisms, the damage to animal health far exceeds any beneficial change in**

**chemical composition. Several researchers have studied the impairment in nutritive value of mould-damaged maize. For example, Martnez et al. (1970a) found significant negative effects in poultry and laboratory rats fed mouldy maize. It is difficult, however, to decide whether these effects were caused by fungi-produced toxins or by a loss in nutrients in the substrate because of their utilization by the micro-organisms.**

**Christensen and Sauer (1982) reviewed the effects of fungal invasion on cereal grains. They found that it reduced both the quality and grade of the grains through loss of dry matter, discoloration, heating, cooking, mushiness and contamination by mycotoxins. Microbial indices of fungal invasion and seed deterioration include visible damage, seed infection, number of fungal propagules, evolved carbon dioxide and decrease in seed germination and ergosterol content.**

### **Inhibition of aflatoxin contamination**

**Two ways of preserving maize from being destroyed by aflatoxin contamination have been under investigation. One is to inhibit growth of *Aspergillus flavus* or *Aspergillus parasiticus* and the other is to remove the aflatoxins after they have been produced by the *Aspergillus* infection. Most researchers have concentrated on the inhibition of fungal growth, and some chemicals have already been found effective in storage conditions. This, however, does not solve the problem of field contamination by moulds, since the airborne spores of the organisms are readily available in the environment. The spores can germinate on the cob and infect the inner tissues under optimum temperature and moisture conditions. Therefore,**

**other researchers have pursued the possibility of detoxification.**

**Roasting has been shown to be effective in reducing aflatoxin levels, depending on the initial level of the toxin as well as on roasting temperatures (Conway and Anderson, 1978). Higher temperatures may cause up to 77 percent aflatoxin destruction; however, it is well known that heat also destroys the nutritive value of the material. Tempering aflatoxincontaminated maize with aqua ammonia and then roasting it may be a simple and effective way to decontaminate it. Valuable results using ammonia have been reported. It is difficult, however, to remove the smell of ammonia from the treated grain. Other more complex methods have been tried. For example, Chakrabarti (1981) showed that aflatoxin levels could be reduced to less than 20 ppb using separate treatments with 3 percent hydrogen peroxide, 75 percent methanol, 5 percent dimethylamine hydrochloride or 3 percent perchloric acid. These treatments, however, induced losses in weight and also in protein and lipids. Other methods include the use of carbon dioxide plus potassium sorbate and the use of sulphur oxide.**

**A process that has received some attention is the use of calcium hydroxide, a chemical used for lime-cooking of maize (Bressani, 1990). Studies have shown a significant reduction in aflatoxin levels, although the extent of reduction is related to the initial levels. Feeding tests with mouldy maize treated with calcium hydroxide have shown a partial restoration of its nutritional value.**

**Appropriate harvesting and handling can do much to reduce fungal contamination of maize and can thus prevent the need for chemical decontamination measures, which not only**

**increase the cost of the grain but cannot completely restore its original nutritional value. In this respect, Siriacha et al. (1989) found that if shelled grain was immediately sun-dried the chance of contamination was reduced as compared with that of undried maize shelled mechanically or by hand. Shelling encourages fungal contamination as it causes damage to the kernel base, which is rough compared with the rest of the grain. Corn on the cob, even with its high levels of moisture, resists fungal contamination relatively well.**

## **Classification of grain quality**

**To facilitate marketing and to identify the best uses for the various types of maize produced throughout the world, measures of grain quality have been identified, although they may not be accepted by all maize-producing countries. In the United States maize is classified into five different grades, based on several factors. Minimum test weight is expressed in pounds per bushel, pounds per cubic foot or kilograms per cubic metre. The higher the test weight the higher the grade. The maximum permitted amount of broken maize and foreign material (BCFM) varies from 2 percent for Grade 1 to 7 percent for Grade 5. There is a classification for damaged kernels that includes heat-damaged kernels. Maize is also classified as yellow, white or mixed maize. Yellow maize must have no more than 5 percent white kernels and white maize must not have more than 2 percent yellow grain. The mixed class contains more than 10 percent of the other grain.**

**Although the moisture content of maize, an important part of its chemical composition, is not**

**considered a quality factor, it has much influence on composition, quality changes during storage and processing and economics. High-moisture maize with a soft texture is easily damaged in storage, while maize with low levels of moisture becomes brittle. The most commonly accepted moisture level for marketing purposes is 15.5 percent. Density of maize - weight per unit volume - is important in storage and transportation since it establishes the size of container for either purpose. Moisture content and density or test weight are related; the higher the moisture level the lower the specific density test weight. This characteristic of maize is also important for milling.**

**Another important quality characteristic of maize is its hardness, since this influences grinding power requirements, dust formation, nutritional properties, processing for food products and the yield of products from dry and wet milling operations. Hardness of maize is genetically controlled, but it can be modified by both cultural practices and post-harvest handling conditions. Many investigators have proposed methodologies for measuring hardness for a number of different applications (Pomeranz et al., 1984, 1985, 1986). Maize varieties with a horny endosperm such as flint and popcorn types, have hard kernels, while starchy and opaque maize varieties are soft. Some flint types are intermediate.**

**Finally, freedom of the kernel from fungi is recognized as a quality characteristic.**

---

## **Chapter 4 - Post-harvest technology: processing**

## **Forms of maize consumption**

**Maize is consumed in many forms in different parts of the world, from maize grits, polenta and corn bread to popcorn and products such as maize flakes (Rooney and Serna-Saldivar, 1987). The grain is fermented to give ogi in Nigeria (Oke, 1967) and other countries in Africa (Hesseltine, 1979) and is decorticated, degermed and precooked to be made into arepas in Colombia and Venezuela (Instituto de Investigaciones Tecnológicas, 1971; Rodriguez, 1972).**

**In Egypt a maize flat bread, aish merahra, is widely produced. Maize flour is used to make a soft dough spiced with 5 percent ground fenugreek seeds, which is believed to increase the protein content, improve digestibility and extend the storage life of the bread. The dough is fermented all night with a sourdough starter. In the morning the dough is shaped into small, soft, round loaves, which are left for 30 minutes to "prove". Before baking the loaves are made into wide, flat discs. Aish merahra keeps fresh for seven to ten days if it is stored in airtight containers. A similar product called markouk is eaten in Lebanon.**

**Maize is also widely used to make beer. In Benin, for example, malt is obtained by germinating the grain for about five days. The malt is then exposed to the sun to stop germination. The grains are lightly crushed in a mortar or on a grinding stone. The malt is cooked and the extract is strained off, cooled and allowed to stand. After three days of fermentation it is ready to be drunk as beer (FAO, 1989).**

**The lime-cooking process for maize is particular to Mexico and Central America (Bressani, 1990), although today the technology has been exported to other countries such as the United States. A dough prepared from limecooked maize is the main ingredient for many popular dishes such as atole, a beverage with a great variety of flavours, and tamalitos, made by wrapping the dough in maize husks and steam-cooking it for 20 to 30 minutes to gelatinize the starch. This form is usually prepared with young chipiln leaves (*Crotalaria longirostrata*), the flowers of loroco (*Fernaldia pandurata*) or cooked beans mixed with the dough, thus improving the nutritional quality of the product and its flavour (Bressani, 1983). The dough is also used for tamales, a more complex preparation because of the number of ingredients it contains, in most cases with chicken or pork meat added to the gelatinized dough. It is also used to provide support for enchiladas, tacos (folded tortillas containing meat, etc.) and pupusas, the latter made with fresh cheese placed between two layers of dough and baked like tortillas. When the dough is fried and flavoured, it yields foods such as chips and chilaquiles. If the dough is allowed to ferment for two days, wrapped in banana or plantain leaves, it provides a food named pozol from which a number of drinks can be made. It has been claimed that this preparation is of high nutritional quality.**

**There are many ways to convert maize into interesting and acceptable forms which, if presented in attractive and easily prepared products, could to some extent counteract the trend toward greater consumption of wheat derived foods in arepa- and tortilla-eating countries and elsewhere.**



25/10/2011

Racines, tubercules, plantains et banan...

[Contents](#) - [Previous](#) - [Next](#)