

Riz: Structure du grain, composition et critères de qualité pour le consommateur

[Classification du riz](#)

[Composition en nutriments bruts](#)

[Influence de l'environnement sur la composition du riz](#)

[Qualité du grain](#)

Le grain de riz (riz paille ou paddy) consiste en une enveloppe protectrice - la balle - et en un caryopse ou fruit (riz brun, riz cargo ou riz décortiqué) (Juliano et Bechtel, 1985) (figure 2). Le riz cargo comprend les couches externes du péricarpe, le tégument et le nucelle, ainsi que le germe ou embryon (tissu maternel) et l'albumen (l'endosperme). L'albumen comprend la couche de cellules à aleurone, l'albumen proprement dit étant composé de la couche subaleurone et de la substance interne amyliacée. La couche d'aleurone recouvre l'embryon. La pigmentation se limite au péricarpe (Juliano et Bechtel, 1985).

La balle constitue environ 20 pour cent du poids du paddy, mais les valeurs varient de 16 à 28 pour cent. Le poids se répartit ainsi dans le riz cargo: péricarpe, 1-2 pour cent; aleurone plus nucelle et tégument, 4-6 pour cent; germe, 1 pour cent; scutellum, 2 pour cent; albumen, 90-91 pour cent (Juliano, 1972). L'aleurone comprend de une à cinq couches de cellules; elle est plus épaisse du côté dorsal que du côté ventral et plus épaisse dans les riz à grains courts que dans les riz à grains longs (del Rosario et al., 1968). Les cellules de l'aleurone et de l'embryon sont riches en corps protéiques, contenant des globuloïdes ou du phytate, et en corps lipidiques (Tanaka et al., 1973; Tanaka, Ogawa et Kasai, 1977).

Les cellules de l'albumen ont une membrane mince et sont remplies d'amyloplastes contenant des granules d'amidon composé. Les deux couches de cellules les plus extérieures (la couche subaleurone) sont riches en protéines et en lipides, et les amyloplastes et les granules d'amidon composé y sont de plus petite taille que dans l'albumen interne. Les granules d'amidon sont des polyèdres; leur taille se situe principalement entre 3 et 9 μm , et leur distribution est unimodale. Les protéines sont présentes surtout sous forme de corps protéiques sphériques de 0,5 à 4 μm dans tout l'albumen (del Rosario et al., 1968; Bechtel et Pomeranz, 1978) (figure 3). Des corps protéiques cristallins et des corps protéiques sphériques de petite taille sont localisés dans la couche subaleurone. Le corps protéique sphérique de grande taille correspond au PB-I de Tanaka et al. (1980) et le corps protéique cristallin est identique au PB-II. Le PB-I et le PB-II sont répartis dans tout l'albumen du riz.

[FIGURE 2 - Section longitudinale du grain de riz](#)

Le riz non gluant (contenant de l'amylose en plus de l'amylopectine) a un albumen translucide, tandis que le riz gluant (de 0 à 2 pour cent d'amylose) a un albumen opaque en raison de la présence de pores entre les granules d'amidon et à l'intérieur de ceux-ci. Par conséquent, le poids du grain de riz gluant équivaut à environ 95-98 pour cent de celui du grain de riz non gluant.

[FIGURE 3 - Diagramme schématique de divers corps protéiques et granules d'amidon composé dans la couche subaleurone de l'albumen](#)

Classification du riz

Il n'existe aucune norme internationale pour la granulométrie et la forme du riz cargo. L'IRRI applique le barème suivant pour la taille: extra-long, > 7,50 mm; long, 6,61-7,50 mm; moyen, 5,51-6,60 mm; court, < 5,50 mm. Pour la forme du grain, le barème est fonction du rapport longueur/largeur: mince, > 3,0; moyen, 2,1-3,0; large, 1,1-2,0; rond, <= 1,0.

Examinant le projet de norme pour le riz, le comité de la Commission du Codex Alimentarius a proposé la classification suivante du riz usiné sur la base du rapport entre la longueur et la largeur du grain: grain long, <= 3,1; grain moyen, 2,1-3,0; grain court, <= 2,0 (Commission du Codex Alimentarius, 1990).

Les tolérances proposées pour les défauts dans le riz usiné sont les suivantes: matières étrangères organiques, 0,5 pour cent; matières étrangères non organiques, 0,5 pour cent; riz paddy, 0,3 pour cent; riz décortiqué (riz cargo), 1,0 pour cent; riz gluant, 1,0 pour cent; grains immatures, 2,0 pour cent; grains endommagés, 3,0 pour cent; grains échauffés, 3,0 pour cent; grains rouges, 4,0 pour cent; grains striés de rouge, 8,0 pour cent; grains crayeux, 11,0 pour cent (Commission du Codex Alimentarius, 1990). Les tolérances proposées pour le riz usiné étuvé sont identiques à celles qui s'appliquent au riz usiné avec les exceptions suivantes: aucune tolérance pour les grains crayeux; 6,0 pour cent pour les grains échauffés; des tolérances supplémentaires de 2,0 pour cent pour le riz usiné et de 2,0 pour cent pour les grains noirs d'étuvage (grains dont plus d'un quart de la surface présente une coloration noire ou marron foncé). Le chapitre 4 décrit l'usinage plus en détail.

Composition en nutriments bruts

Parmi les fractions d'usinage du riz, le son est celle qui a la plus forte teneur en énergie et en protéines et la balle est celle qui en a la plus faible (tableau 14). Seule la fraction de riz cargo est comestible. L'usinage par abrasion ou par frottement pour éliminer le péricarpe, l'enveloppe, le tégument externe, la couche d'aleurone et l'embryon, afin d'obtenir du riz usiné, entraîne une perte de lipides, protéines, fibres détergentes brutes et neutres, principes minéraux, thiamine, riboflavine, niacine et tocophérol alpha. Les glucides digestibles, s'agissant principalement d'amidon, sont plus abondants dans le riz usiné que dans le riz cargo. Les gradients pour les divers nutriments ne sont pas identiques, ainsi qu'il ressort de l'analyse de fractions d'usinage successives de riz cargo et de riz usiné (Barber, 1972) (figure 4). La teneur en fibres alimentaires est la plus élevée dans la couche de son (et la balle) et elle est la plus faible dans le riz usiné. La densité et la densité volumétrique sont également les plus basses pour la balle, suivie par le son, et elles sont les plus élevées dans le riz usiné en raison de sa faible teneur en matières grasses. Les propriétés nutritionnelles du grain de riz sont examinées au chapitre 4.

FIGURE 4 Schéma de répartition des principaux éléments constitutifs du riz cargo avec usinage au moyen d'une machine agissant par abrasion tangentielle

Les vitamines B sont concentrées dans les couches de son, tout comme le tocophérol alpha (vitamine E) (tableau 15). Le grain de riz ne contient ni vitamine A, ni vitamine D, ni vitamine C (FAO, 1954). Le gradient de localisation dans le grain de riz entier est plus accentué pour la thiamine que pour la riboflavine et la niacine, d'où un plus faible pourcentage de rétention de la thiamine (vitamine B1) dans le riz usiné (tableau 15). La moitié environ de la quantité totale de thiamine se trouve dans le scutellum, et de 80 à 85 pour cent de la niacine dans le péricarpe et la couche d'aleurone (Hinton et Shaw, 1954). L'embryon contient plus de 95 pour cent des tocophérols totaux (dont les tocophérols alpha représentent environ 30 pour cent) et près d'un tiers de la teneur en huile du grain de riz (Gopala Krishna, Prabhakar et Sen, 1984). D'après les calculs, 65 pour cent de la thiamine du riz cargo se trouvent dans le son, 13 pour cent dans les résidus de polissage et 22 pour cent dans la fraction de riz usiné (Juliano et Bechtel, 1985). Les valeurs correspondantes pour la riboflavine sont 39 pour cent dans le son, 8 pour cent dans les résidus de

polissage et 53 pour cent dans la fraction de riz usiné. Pour la niacine, la répartition est la suivante: 54 pour cent dans le son, 13 pour cent dans les résidus de polissage et 33 pour cent dans la fraction de riz usiné.

[TABLEAU 14 - Composition approximative du paddy et de ses fractions d'usinage à 14 pour cent d'humidité](#)

[TABLEAU 15 - Teneur en vitamines et minéraux du paddy et de ses fractions d'usinage à 14 pour cent d'humidité](#)

[TABLEAU 16 - Teneur en acides aminés du paddy et de ses fractions d'usinage à 14 pour cent d'humidité \(g /16 g N\)](#)

Les minéraux (cendres) sont également concentrés dans les couches extérieures du riz cargo ou dans la fraction constituée par le son (tableau 15). Une forte proportion (90 pour cent) du phosphore du son est du phosphore de phytine. Les principaux sels de la phytine sont des sels de potassium et de magnésium. Dans le riz cargo, les principes minéraux sont répartis à raison de 51 pour cent dans le son, 10 pour cent dans le germe, 10 pour cent dans les résidus de polissage et 28 pour cent dans la fraction correspondant au riz usiné; la distribution est identique pour le fer, le phosphore et le potassium (Resurrección, Juliano et Tanaka, 1979). Toutefois, certains minéraux accusent une distribution relativement plus uniforme dans le grain: le riz usiné retenait 63 pour cent du sodium, 74 pour cent du calcium et 83 pour cent de la teneur en azote Kjeldahl du riz cargo (Juliano, 1985b).

La teneur en acides aminés des différentes fractions d'usinage est donnée au tableau 16.

Amidon

L'amidon est la principale composante du riz usiné, représentant environ 90 pour cent de l'extrait sec. C'est un polymère du glucose D à liaison α -(1-4) et il se compose habituellement d'une fraction essentiellement linéaire, l'amylose, et d'une fraction ramifiée, l'amylopectine. Les points de ramification sont des liaisons α -(1-6). Grâce à des techniques novatrices, on a pu découvrir que l'amylose de riz a de deux à quatre chaînes avec un degré numérique moyen de polymérisation (DPn) de 900 à 1100 unités glucose et une limite d'amylose β de 73 à 87 pour cent (Hizukuri et al., 1989). C'est un mélange de molécules ramifiées et linéaires ayant respectivement un DPn de 1100 à 1 700 et de 700 à 900. La fraction ramifiée représente de 25 à 50 pour cent en nombre et de 30 à 60 pour cent en poids de l'amylose. L'affinité des amyloses de riz pour l'iode atteint de 20 à 21 pour cent en poids.

Les amylopectines du riz ont des limites d'amylose- β de 56 à 59 pour cent, une longueur de chaîne de 19 à 22 unités de glucose, un DPn de 5 000 à 15 000 unités de glucose et de 220 à 700 chaînes par molécule (Hizukuri et al., 1989). L'affinité de l'amylopectine du riz pour l'iode s'établit à 0,4-0,9 pour cent dans les riz à teneur en amylose basse à intermédiaire et à 2-3 pour cent dans les riz à teneur en amylose élevée. Les amylopectines déramifiées par isoamylase ont davantage de fractions à chaîne longue (DPn >100) (9 à 14 pour cent) dans les échantillons à teneur en amylose élevée présentant une affinité pour l'iode plus grande que dans les échantillons à teneur en amylose basse à intermédiaire (2 à 5 pour cent) et l'amylopectine de riz cireux (0 pour cent) (Hizukuri et al., 1989).

Sur la base de normes calorimétriques d'absorption de l'iode-amidon de 590 à 620 nm, le riz usiné est classé comme suit: cireux (1 à 2 pour cent), amylose très basse (2 à 12 pour cent), amylose basse (12 à 20 pour cent), amylose intermédiaire (20 à 25 pour cent) et amylose élevée (25 à 33 pour cent) (Juliano, 1979, 1985b). Des études interlaboratoires récentes ont indiqué que la teneur maximale en amylose vraie est de 20 pour cent et que la liaison supplémentaire à l'iode est due aux longues chaînes linéaires de

L'amylopectine (Takeda, Hizukuri et Juliano, 1987). Les valeurs d'amylose calorimétrique sont donc désormais dénommées «teneur en amylose apparente».

L'endosperme cireux est opaque et présente des espaces d'air entre les granules d'amidon qui ont une densité plus basse que les granules non cireux. La structure des granules d'amidon n'est pas encore bien connue, mais la cristallinité et le vieillissement sont attribués à la fraction d'amylopectine.

Protéines

On détermine la richesse en protéines en effectuant tout d'abord une digestion en micro-Kjeldahl et une distillation à l'ammoniac puis un titrage ou un dosage calorimétrique à l'ammoniac du digeste pour déterminer la teneur en azote, qui est ensuite convertie en protéines en appliquant le coefficient de 5,95. [Ce coefficient, fondé sur une teneur en azote de 16,8 pour cent pour la principale protéine du riz usiné (glutéline) est peut-être trop élevé; de nouvelles études semblent indiquer des valeurs de 5,1 à 5,5 (5,17 ± 0,25) (Mossé, Huet et Baudet, 1988; Mossé, 1990), 5,24 à 5,66 (médiane 5,37) (Hegsted et Juliano, 1974) et 5,61 (Sosulski et Imafidon, 1990).]

Les protéines de l'endosperme (riz usiné) se composent de plusieurs fractions: 15 pour cent d'albumine (soluble dans l'eau), plus globuline (soluble dans les sels), de 5 à 8 pour cent de prolamine (soluble dans l'alcool) et le reste de glutéline (soluble dans les alcalis) (Juliano, 1985b). En ayant recours à l'extraction séquentielle des protéines, on a obtenu la répartition moyenne suivante sur 33 échantillons: 9 pour cent de prolamine, 7 pour cent d'albumine plus globuline et 84 pour cent de glutéline (Huebner et al., 1990). La teneur moyenne en prolamine de sept riz usinés de l'IRRI s'établissait à 6,5 pour cent des protéines totales (IRRI, 1991b). La teneur en lysine des protéines du riz est de 3,5 à 4,0 pour cent, soit l'une des plus élevées parmi les protéines céréalières.

Les protéines du son du riz sont plus riches en albumine que les protéines de l'albumen et se présentent sous forme de corps protéiques distincts contenant des globules dans la couche de cellules à aleurone et dans le germe. Ces structures sont différentes des corps protéiques de l'albumen. Tanaka et al., (1973) ont signalé la présence de 66 pour cent d'albumine, de 7 pour cent de globuline et de 27 pour cent de prolamine, plus de la glutéline, dans les corps protéiques d'aleurone, et Ogawa, Tanaka et Kasai (1977) ont signalé la présence de 98 pour cent d'albumine dans les corps protéiques de l'embryon.

Les protéines de l'albumen sont localisées principalement dans les corps protéiques (figure 4). Les corps protéiques cristallins (PB-II) sont riches en glutéline, et les grands corps protéiques sphériques (PB-I) sont riches en prolamine. Ogawa et al. (1987) ont estimé que les protéines de réserve de l'albumen étaient composées de 60 à 65 pour cent de protéines PB-II, de 20 à 25 pour cent de protéines PB-I et de 10 à 15 pour cent d'albumine et de globuline dans le cytoplasme.

[TABLEAU 17 - Aminogramme \(g/16 g N\) de sous-unités acides et basiques de la glutéline du riz et des sous-unités majeures et mineures de la orolamine](#)

L'amylose des granules amylopectinés du riz est liée à un maximum de 0,7 pour cent de protéines, s'agissant principalement des protéines du gène gluant ou de synthase amylopectinée liée aux granules avec une masse moléculaire d'environ 60 kilodaltons (kd) (Villareal et Juliano, 1989b).

La glutéline du riz se compose de trois sous-unités acides de 30 à 39 kd et de deux sous-unités basiques ou bêta de 19 à 25 kd (Kagawa, Hirano et Kikuchi, 1988). Les deux types de sous-unités sont formées par fractionnement d'un précurseur polypeptidique de 57 kd (Sugimoto, Tanaka et Kasai, 1986). La prolamine se compose principalement (90 pour cent) de la sous-unité de 13 kd avec en plus deux sous-unités mineures de 10 et de 16 kd (Hibino et al., 1989).

TABLEAU 18 - Rendement et composition de préparations de membranes de cellules dégraissées et traitées à la protéase-amylase provenant de différentes fractions histologiques de riz cargo usiné

La teneur en acides aminés essentiels de la sous-unité de glutéline (Juliano et Boulter, 1976; Villareal et Juliano, 1978) et de la sous-unité de prolamine (Hibino et al., 1989) révélait la lysine comme facteur limitant dans ces polypeptides, à l'exception de la fraction IEF3 de la sous-unité de prolamine de 13 kd, avec 5,5 pour cent de lysine et aussi comme facteur limitant la méthionine plus cystéine (tableau 17). Ainsi, la glutéline a un meilleur indice chimique (valeur en acides aminés) que la prolamine, abstraction faite de la sous-unité de la prolamine de 16 kd. La sous-unité de prolamine de 10 kd a une forte teneur en cystéine (6,8 pour cent).

Lipides

La teneur du riz en lipides ou matières grasses est principalement dans la fraction constituée par le son (20 pour cent de l'extrait sec), expressément sous forme de corps lipidiques ou sphérosomes dans la couche d'aleurone et le son, mais le riz usiné contient de 1,5 à 1,7 pour cent de lipides, principalement sous forme de lipides non amylicés extraits à l'éther, au chloroforme-méthanol et au butanol saturé d'eau froide (Juliano et Goddard, 1986; Tanaka et al., 1978). Les corps protéiques, en particulier le noyau, sont riches en lipides (Choudhury et Juliano, 1980; Tanaka et al., 1978). Les principaux acides gras de ces lipides sont les acides linoléique, oléique et palmitique (Hemavathy et Prabhaker, 1987; Taira, Nakagahra et Nagamine, 1988). La teneur de l'huile de riz en acides gras essentiels est d'environ 29 à 42 pour cent pour l'acide linoléique et de 0,8 à 1,0 pour cent pour l'acide linoléique (Jaiswal, 1983). La teneur en acides gras essentiels peut augmenter directement sous l'effet de la température pendant le développement du grain, mais au prix d'une diminution de la teneur totale en huile (Taira, Taira et Fujii, 1979).

Les lipides de l'amidon sont principalement des lipides monoacyles (acides gras et lysophosphatides) associés avec l'amylose (Choudhury et Juliano, 1980). La teneur de l'amidon en lipides est la plus faible pour les granules d'amidon du riz gluant ($\leq 0,2$ pour cent) et la plus forte pour les riz à teneur en amylose intermédiaire (1,0 pour cent); elle est peut-être légèrement plus faible pour le riz riche en amylose (Choudhury et Juliano, 1980; Juliano et Goddard, 1986). Le riz usiné gluant contient plus de lipides non amylicés que le riz non gluant. Les lipides de l'amidon sont protégés du rancissement d'oxydation, et le complexe amylose-lipides est digéré par les rats en croissance (Holm et al., 1983). Cependant, les lipides de l'amidon ne contribuent que peu à la teneur du grain de riz en énergie. Les principaux acides gras des lipides de l'amidon sont les acides palmitique et linoléique, avec une moindre quantité d'acide oléique (Choudhury et Juliano, 1980).

Polyosides non amylicés

Les polyosides non amylicés se composent de polyosides hydrosolubles et de fibres alimentaires insolubles (Juliano, 1985b). Ils peuvent s'associer à l'amidon, et il se peut qu'ils aient un effet hypocholestérolémique (Normand, Ory et Mod, 1981; Normand et al., 1984). L'albumen a une plus faible teneur en fibres alimentaires que les autres constituants du riz cargo (Shibuya, 1989) (tableau 18). Les valeurs signalées pour les fibres détergentes neutres se situent entre 0,7 et 2,3 pour cent (Juliano, 1985b) (tableau 14). D'autre part, l'albumen ou membrane du riz usiné a une faible teneur en lignine mais une forte teneur en substances pectiques ou pectine. La pectine de l'albumen a une plus forte teneur en acide uronique, mais le rapport arabinose/xylose est moins élevé que dans les autres tissus du grain. L'hémicellulose de l'albumen a également un rapport arabinose/xylose plus faible que les trois autres tissus du grain.

Composés volatils

Les composés volatils caractéristiques du riz cuit sont l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré et l'acétaldéhyde (Obata et Tanaka, 1965). A la cuisson, tous les riz aromatiques contiennent comme principe aromatique principal la 2-acétyl-1-pyrroline (Buttery et al., 1983). Les composés volatils caractéristiques du rancissement des matières grasses sont les aldéhydes, notamment l'hexanol, et les cétones.

Influence de l'environnement sur la composition du riz

Les facteurs écologiques influent notablement sur la composition du grain de riz (Juliano, 1985b). La teneur en protéines a tendance à s'accroître avec un plus large espacement des plants et en réponse à une forte application d'engrais azotés, en particulier à l'époque de la floraison. Il se peut que la teneur en protéines augmente quand la période de croissance est brève et en cas de nébulosité pendant le développement du grain, par exemple à la saison des pluies. Les contraintes, telles que la sécheresse, la salinité, l'alcalinité, une température élevée ou basse, des maladies ou des ravageurs, peuvent accroître la teneur du grain de riz en protéines. Cette augmentation de la teneur en protéines se fait essentiellement au prix d'une diminution de la teneur en amidon. Par ailleurs, les facteurs écologiques qui augmentent la teneur en protéines, tels que le type de sol, la température ambiante pendant le mûrissement et la durée de la croissance, augmentent aussi la teneur du riz cargo en principes minéraux, mais ils n'ont aucun effet sur sa teneur en lipides. La nutrition en minéraux influe sur la teneur du grain de riz en protéines: les matières organiques du sol, la quantité totale d'azote, le calcium échangeable, le cuivre et le molybdène disponibles et la quantité totale de chlore ont tous tendance à accroître la teneur du grain en protéines (Huang, 1990).

TABLEAU 19 - Effets de l'environnement, du traitement et de la variété sur la qualité du grain de riz aux différentes étapes du traitement après récolte

Traitement après récolte et propriétés du grain	Environnement	Méthode de traitement	Variété
Récolte	+ ¹	+	+ (Durée de la croissance, photopériodisme, degré de mûrissement, dormance)
Battage	+	+	+ (Aptitude au battage, égrenage)
Séchage	+	+	+ (Résistance aux fêlures)
Jaunissement	+	+	0
Emmagasinage/ vieillissement	+	+	+ (Le riz gluant vieillit moins que le riz non gluant)
Étuvage	+	+	+ (Température de gélatinisation)
Grains noirs d'étuvage	+	+	+ (Résistance au pentatome)
Décorticage	0	+	+ (Glumelles serrées et teneur en balle)
Usinage			
Riz entier	+	+	+ (Résistance aux fêlures)
Commercialisation			

Taille et forme	+	0	+ (Déterminées par des facteurs génétiques)
Degré d'usinage (blanchiment)	+	+	+ (Profondeur des stries)
Riz entier	+	+	+ (Résistance aux fêlures)
Translucidité	+	+	+
Arôme	+	+	+
Matières étrangères	+	+	0
Durée de conservation	+	+	0

Cuisson et consommation

Teneur en amylose	+	0	+ (Expansion volumétrique et texture)
Température de gélatinisation	+	0	+ (Durée de cuisson)
Consistance du gel	+	0	+ (Dureté du riz cuit)
Texture du riz cuit	+	+	+
Allongement du grain	+	+	+

¹⁺, qualité affectée: 0, aucun effet.

Source: Juliano et Duff, 1989.

Il a été noté qu'en Côte d'Ivoire, la culture pluviale avait un effet variable sur la teneur en protéines des huit variétés de riz qui y étaient cultivées. Cinq variétés accusaient une teneur plus faible du riz usiné en protéines et deux une teneur plus forte avec la culture pluviale (Villareal, Juliano et Sauphanor, 1990). Au Pendjab (Pakistan), sur les quatre variétés accusant des degrés de tolérance différents à l'égard de la salinité, la teneur en protéines du riz cargo était plus élevée avec un sol salin chez trois d'entre elles, mais chez la quatrième la salinité n'avait aucun effet sur la teneur en protéines (Siscar-Lee et al., 1990). La carence du sol en soufre réduit le rendement du grain mais n'exerce aucun effet indésirable sur la teneur des protéines du riz en cystéine et en méthionine (Juliano et al., 1987).

A mesure que la durée de la croissance augmente, la teneur du riz cargo en protéines diminue (IRRI, 1988b). Par contre, on n'observait pas toujours une corrélation négative significative entre le rendement et la teneur du riz cargo en protéines.

La teneur du grain en minéraux est affectée par la teneur du sol et de l'eau d'irrigation en minéraux. Par exemple, la forte teneur en cadmium de certains riz japonais, due à la pollution de l'eau d'irrigation par des résidus de mines, s'est révélée nocive (Kitagishi et Yamane, 1981).