

Expanded (puffed, popped) rice products

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

Puffed and popped rices are traditional breakfast cereals and snack foods (Juliano and Sakurai, 1985). Raw rice is traditionally popped by heating rough rice (13 to 17 percent moisture) at about 240C for 30 to 35 seconds or at 275C for 40 to 45 seconds or in an oil bath at 215 to 230C. The hull contributes to pressure retention before popping as evidenced by the lower popping percentage of brown rice. Good popping varieties have a tight hull and a significant clearance between hull and brown rice and when freshly harvested are free of grain fissures (Srinivas and Desikachar, 1973). Tightness of hull, grain hardness and degree of translucency could explain 80 percent of the variation in popping expansion among 25 rice varieties (Murugesan and Bhattacharya, 1991).

Flaked or beaten brown rice and parboiled milled rice may be converted to puffed rice by heating in hot air or roasting in hot sand (Juliano and Sakurai, 1985; Villareal and Juliano, 1987). With normal parboiled milled rice, puffed volume is directly proportional to the severity of parboiling

(equilibrium water content of steeped grain prior to parboiling) and is highest for waxy rice (Antonio and Juliano, 1973). Puffed waxy and low-amylose rices tend to have a higher puffed volume than intermediate- to high-amylose rices only when grains are incompletely parboiled or cooked before oil puffing (Villareal and Juliano, 1987). However, with increasing temperature and period of roasting of rough rice, high-amylose rice (specifically 27 percent) gives the maximum puffed volume for roasted beaten rice (Chinnaswamy and Bhattacharya, 1984). Puffed non-waxy rice and flattened waxy rice are caramelized and

moulded and are common snack foods in the Philippines. A typical Japanese rice cake, okoshi, is made of puffed broken rice mixed and moulded with millet jelly, sugar and flavouring.

Gun-puffing of moist milled rice may be considered as puffing rather than popping since the grains are gelatinized prior to expansion. The expansion ratio was higher for waxy milled rice than for non-waxy rice (Villareal and Juliano, 1987). The expansion ratio for gun-puffed milled rice or oil-puffed parboiled or boiled milled rice correlated negatively with protein content, except for those rices parboiled at zero steam pressure before oil-puffing.

Continuous explosion-puffing of brown rice, developed in Japan in 1971, uses a long heating pipe wherein grains are dispersed and conveyed by a high-velocity stream of superheated steam (Sagara, 1988). After the rice has been heated and dried within 3 to 10 seconds, it is discharged into the atmosphere through a rotary valve to explosion-puff. A brown rice expansion ratio of 5.4 is obtained at 6 kg/cm² pressure and an outlet steam temperature of 200C. The puffed product has a starch digestibility of 94 percent after 15 minutes of boiling. Thiamine is not destroyed at 200C or lower but is completely destroyed at an outlet steam temperature of 240C (Sagara, 1988).

In developed countries, dry rice breakfast cereals include rice flakes, ovenpuffed, gun-puffed or extruder-puffed rice, shredded rice cereal and multi grain cereals (Brockington and Kelly, 1972; Luh and Bhumiratana, 1980). These are of the ready-to-eat type in which the rice starch provides texture-modifying properties and rice also imparts its own special flavour. Among the important properties of a ready-to-eat cereal is "bowl life", or the ability to retain its texture and crispness in milk while being eaten.

Moisture-proof packaging is critical for optimum shelf-life. While low-amylose, low-GT rices are used for breakfast cereals in the United States, intermediate- and high-amylose rices are used in the Philippines,

but the degree of cooking must be controlled to obtain an acceptable puffed volume from the grain. Most cereals are enriched with B vitamins and with minerals, particularly iron.

Baked rice products

For those suffering from coeliac disease, a yeast-leavened bread of 100 percent rice flour has been successfully developed, consisting of 100 parts rice flour, 75 parts wafer, 7.5 parts sugar, 6 parts oil, 3 parts fresh compressed yeast, 3 parts hydroxypropyl methylcellulose and 2 parts salt (Bean and Nishita, 1985). Although all non-waxy rices produce breads of equivalent appearance, only lowamylose, low-GT rices give a soft-textured crumb. Intermediate-amylose, intermediate-GT rices give sandy, dry crumb characteristics. However, among lowGT rices low-amylose rice gave a lower loaf volume than did intermediate- and high-amylose rices (IRRI, 1976). Wet-milled flour gave a better texture than drymilled flour. An extended shelf-life should improve the popularity of this product.

A medium-grain low-amylose rice flour: waxy rice flour ratio of 3:1 in place of wheat flour produced satisfactory muffins for gluten-sensitive individuals (Stucy Johnson, 1988).

For bread baking in Japan, 10 to 20 percent rice flour is generally mixed with wheat flour as a diluent, depending on the gluten strength of the wheat flour (Tan), 1985). A recent Japanese formulation consisted of 60 percent rice flour, 30 percent wheat flour and 10 percent vital gluten. Similar dilutions of wheat flour with rice flour and other starchy flours have been developed for bread-making in several countries, but the GT of the starch should preferably be low (<70C), (Bean and Nishita, 1985).

Rice flour has also been used in making a Pakistani bread similar to roti, the flat unleavened bread commonly made from wheat flour (Juliano and Sakurai, 1985). The preferred bread, similar to a wheat

chapatti, is puffed, semi-light, flexible, uniformly round and firm, but not rough. Red rices, such as Dwarf Red Gunja, are preferred in some Sind villages for Pakistani rice bread. Rice flour may also be added to wheat flour in a proportion of up to 15 percent; 21 percent rice flour in chapatti results in a still acceptable but difficult-to-fold texture.

Fresh pregelatinized starch is used for the preparation of wheatless bread; the starch (16 percent by weight) acts as a binder in place of gluten, as in extruded rice noodles (Satin, 1988). The method is applicable to rice flour, but the crust properties are not as good as those of wheat bread and have to be improved. Dry, pregelatinized rice flour may possibly be used to produce this bread faster without any problem of incomplete starch gelatinization during baking in the presence of sucrose.

A layer-cake formula containing 100 percent rice flour was also developed for wheat-free diets (Bean and Nishita, 1985). It consists of 100 parts rice flour, 80 parts sugar, 15 parts oil and 5 to 7 parts double-acting baking powder. Low amylose, low-GT rices are preferred for this formula; intermediate-amylose, intermediate-GT rices give a sandy, dry texture. A high sucrose level increases starch GT; thus in 50 percent sucrose low-GT rices have a GT of 80C while intermediate-GT rices have a GT of 92C. When the sucrose level is reduced to give a GT of 80C for the intermediate-GT rice, the volume and contour of the cakes improve, but the sandy texture remains. Hydrating the rice flour by intense mixing of the flour and water and folding of the hydrated mixture improve the texture and volume of the cake (Perez and Juliano, 1988).

Baked Japanese rice cakes or rice crackers include senbei and arare. A rare is a cracker made from boiled waxy rice pounded into rice cake, stored at 2 to 5C for two to three days to harden, cut, dried to 20 percent moisture at 45 to 75C and baked. Senbei is a cracker-like snack made of cooked non-waxy rice flour kneaded and rolled into sheets, cut, dried at 70 to 75C to 20 percent moisture, tempered for 10 to 20 hours at room temperature, redried at 70 to 75C to 10 to 12 percent moisture and baked at 200 to

260C, without the cooling treatment. Arare expands more during baking, has a soft texture and dissolves easily in the mouth. Senbei is harder and rougher. Sesame seeds, pieces of dried seaweed, peanuts, pulverized shrimp, cheese or spices may be mixed with the rice dough as desired. Extruder-type kneaders are used for mixing the gelatinized rice. Rice cracker production in Japan in 1983 was 103 000 t of arare and 118 000 t of senbei (Tani, 1985) and in 1987 was equivalent to 215 000 t of brown rice (Hirao, 1990).

Non-waxy rice cakes or crackers (xianggao) are prepared from both low- and high-amylose rices in China. The high-amylose cake is harder, whiter and more crispy than the low-amylose cake. A similar rice product made in the Philippines from intermediate- to high-amylose rice is called puto seko. These crackers break readily on handling.

Canned rice

In the United States, the preferred canned rice product is white, with separate noncohesive grains, minimal longitudinal splitting and fraying of edges and ends and a clear canning liquor (Burns and Gerdes, 1985). Long-grain (intermediate amylose) parboiled rices are preferred in most canning formulations because of the required cooked rice stability. Non-parboiled high-amylose rices, particularly those with a hard gel consistency, are also suitable, but the texture may be too hard. A pH below 4.6 is recommended for canned rice to reduce microbial contamination because retorted canned rice may not be completely sterilized.

In Japan, low-amylose milled rice is placed in cans with water, broth or another seasoning, steamed for about 30 minutes and sealed and sterilized in a retort at 112C for 80 minutes (Juliano and Sakurai, 1985). Canned rice is heated in boiling water for 15 minutes before serving. Canned seasoned cooked rice is marketed primarily as military rations and as emergency foods. Intermediate-amylose rice is used in

canned rice for the military in the Philippines. Annual production of canned rice in Japan was 1 472 t in 1983, but it is declining in popularity (Tan), 1985) with only 1 159 t produced in 1986 (Iwasaki, 1987).

Both wet- and dry-pack canned rices are produced in Taiwan (Chang, 1988). Daily production of wet-pack rice is 360 000 easy-to-open 340-ml cans, while the production of dry-pack rice is very limited. Wet-pack canned rice preparations, usually called rice congee, use waxy rice and are all sweetened; the most popular formula includes waxy rice as a base together with dried longans, red beans, peanuts, oatmeal and sugar. Low-amylose rice is used for dry-pack fried rice.

Fermented rice products

Various waxy rice wines are prepared by fermenting steamed waxy milled rice with fungi and a yeast starter (Steinkraus, 1983; Juliano and Sakurai, 1985). A sweet product is first produced, which is then converted to alcohol as fermentation progresses. The liquid is removed by decantation. Examples are Chinese laochao, Thai khaomak, Malaysian tapai, Indonesian tape ketan and Philippine tapuy. Red rices are preferred for tapuy and are often roasted before cooking (Sanchez et al., 1989). Ethanol conversion is higher for waxy and low-amylose rice than for intermediate- and high-amylose rice during tapuy production; undigested starch is mainly amylose (Sanchez et al., 1988).

Rice wine production in Taiwan uses 67 000 t of milled rice annually and uses either *Aspergillus oryzae* (shao-hsing wine) or *Rhizopus* sp. (hua-tiao) for saccharification (Chang, 1988). Overmilled waxy rice (20 percent bran polish) is washed, steeped in water, steamed, inoculated with *A. oryzae* spores and incubated for 45 hours at 35 to 38C for a low-amylose brown rice starter.

Ragi-type starters (bubod in the Philippines) are available in the markets of most Asian countries

(Steinkraus, 1983). They are usually small (3 to 6 cm), round, flattened cakes of rice flour on which the desired microorganisms have been grown. The cakes are either air-dried or sun-dried and the dehydration occurs simultaneously with growth of the organisms. Micro-organisms include the mould *Rhizopus* sp. or combinations of the essential yeasts and moulds required for the different types of alcoholic fermentations.

Rice is the sole cereal substrate in Japanese rice wine such as sake (Yoshizawa and Kishi, 1985). The raw material is highly milled rice (25 to 30 percent bran polish by weight of brown rice) with low amylose, low GT and a white core, characteristics that facilitate swelling, cooking and penetration by the mycelia of *A. oryzae*. Overmilling lowers protein (5 to 6 percent) and non-starch lipids (0.1 percent) and also potassium and phosphorus levels. Steamed rice is inoculated with koji, a culture of *A. oryzae* grown on steamed rice and seed mash. Sake yeast is grown on koji steamed rice containing 70 ml lactic acid per 100 litres of water at 12C.

Three more additions of materials are made to maintain fermentation. About 500 000 t of milled rice were used for sake in Japan in 1985 (Tan, 1985).

Rice milk has been used as a substitute for animal milk and milk powder and may be prepared either from puffed rice flour or from wet milled flour with sugar and peanut oil for flavouring. Brown rice gives a better-quality milk than milled rice, and a formulation of 3.5 percent (wt/vol.) of brown rice, 2 percent peanut oil and 7.5 percent sugar gave the best sensory score (Lin, Shao and Chiang, 1988). Rice milk contains 87.7 percent moisture, 0.8 percent protein, 0.8 percent fat, 0.1 percent crude fibre, 0.1 percent ash and 10.4 percent carbohydrate; it has 11 percent total solids and viscosity of <3 poise. Use of bacterial amylases to hydrolyse the starch can increase the solids content of the milk without unduly increasing the milk viscosity (Mitchell, Mitchell and Nissenbaum, 1988).

Mirin is a clear, sweet drink made by adding steamed waxy rice and koji to shochu, a gin-like alcoholic beverage obtained by distilling a type of sake made from broken indica rice. The mixture is allowed to ferment in the presence of 40 percent ethanol from shochu until the rice starch is converted to sugars (two months at 25 to 30C). After filtration and treatment with tannin and gluten and refiltering, the bottled mirin contains 14 percent ethanol and 45 percent sugars. It is used either for drinking (sweetened sake) or for seasoning Japanese dishes. Mirin production in 1986 in Japan was 78 000 kl (Sagara, 1988).

Rice vinegar results from the completion of the rice starch fermentation and is a traditional Japanese and Chinese product (Iwasaki, 1987). Acetic acid fermentation is carried out by mixing seed vinegar with the rice wine and takes one to three months. The product is ripened, filtered, pasteurized and bottled (Lad, Chang and Luh, 1980). It has 4 to 5 percent total acidity (mostly acetic acid, plus some lactic and succinic acids). Rice vinegar production in Japan was 40 000 kl in 1983 (Tani, 1985) and 52 000 kl in 1986 (Sagara, 1988).

Broken rice, together with maize grits, is an adjunct in beer manufacture in the United States and Japan (Yoshizawa and Kishi, 1985). Rice is preferred to maize because of its lower protein and fat content (<1.5 percent). Broken rice is obtained from regular milling of brown rice in most countries, except in Japan, where it is milled from broken brown rice. Broken rice must be free from bran contamination to reduce protein and fat content. Low-GT, low-amylose rices are used because intermediate-GT, intermediate-amylose rices are relatively resistant to starch liquefaction. Rice seed is not used for malting in place of barley because of its lower a-amylose production (IRRI, 1988b).

Other fermented rice products include Japanese miso, Sierra rice (amarillo or requemado) from Latin America and angkak (anka, red rice). Miso is a traditional Japanese brown seasoning paste principally used for a breakfast soup. It is prepared from koji (*A. oryzae*) from milled rice mixed with cooked and minced soybean, salt and a starter of cultured yeast and lactic acid bacteria. The ingredients are fermented in

covered vats at 25 to 30C for one to three months (Wang, 1980). The rice-to-soybean ratio is about 2: 1. Japanese miso production in 1986 was 471 000 kl (Sagara, 1988). Sierra rice is derived from moist rough rice fermented by the micro-organisms that are naturally present with heating up to 50 to 70C. The grain becomes yellow to brown and is essentially precooked and predigested. Angkak may be produced by *Monascus purpureus* mould on cooked rice at 35 percent moisture and pH 6.5 at room temperature (Dizon and Sanchez, 1984). It is used as a colouring agent for food, such as fermented fish (Hesseltine, 1979).

Rice flours and starch

Rice flour in Japan is made from both waxy and non-waxy rices and from both raw and gelatinized rice. It is milled by rolling, pounding, shock-milling, stone-milling, milling in a lateral steel mill and wet milling in a stone mill. In 1985, rice flour production in Japan included 67 000 t from raw rice plus 140 t from pregelatinized rice (Tani, 1985). In 1987, rice flour production used 105 000 t of brown rice (Hirao, 1990).

A tea prepared from roasted brown rice in Japan used 23 800 t of non-waxy and 1 200 t of waxy rice in 1985 (Tan), 1985). Production in 1986 was 20 000 t (Sagara, 1988).

High-protein rice flours for early childhood feeding may be obtained from cooked milled rice by destarching treatment with α -amylase (Resurreccin,

Juliano and Eggum, 1978; Hansen et al., 1981). A high-fructose rice syrup and a high-protein rice flour have been produced from broken rice using α -amylase, glucoamylase and glucose isomerase. This procedure obtained an 80 percent glucose yield from brokers (91 percent starch basis) which was converted to 50 percent glucose, 42 percent fructose and 3 percent maltose (Chen and Chang, 1984). The high-protein

flour (28 percent protein) was recovered in 30 to 32 percent yield. Others have obtained 80 percent protein flour Resurreccin Juliano and Eggum, 1978). Maltodextrins are also produced from milled rice flour at 80C using heat-stable α -amylase (Griffin and Brooks, 1989).

Rice starch production involves mainly wet milling of brokens with 0.3 to 0.5 percent sodium hydroxide to remove protein (Juliano, 1984). Brokens are steeped in alkali solution for 24 hours and are then wet milled in pin mills, hammermills or stone-mill disintegrators with the alkali solution. After the batter is stored for 10 to 24 hours, fibre (cell wall) is removed by passing it through screens; the starch is collected by centrifugation, washed thoroughly with water and dried. Protein in the effluent may be recovered by neutralization and the precipitated protein used as a feed supplement.

In the European Economic Community (EEC), about 8 800 t of broken rice are processed annually to about 7 000 t of starch in five to six plants in Belgium, Germany, Italy and the Netherlands (Kempf, 1984). The starch is used exclusively as a human food, largely for baby foods and also in extruded noodles. Egypt, Syria and Thailand also produce rice starch.

Rice bran and rice-bran oil

Rice bran has been an extremely popular source of dietary fibre because of the hypocholesterolaemic property of its oil fraction. Stabilized rice bran has been made available by the use of the Brady extruder in the United States to stabilize the full-fat bran by inactivating its lipase (Saunders, 1990). It is finding application in breakfast cereals, snack foods and bakery products. Stabilized rice bran has been incorporated into whole-wheat bread, muffins, peanut butter cookies and oatmeal cookies at levels of up to 20 percent. The 3 to 8 percent sugar content of rice bran may also contribute to oven browning. The high water absorption capacity of rice bran helps maintain moisture and freshness and therefore

improves shelf-life. Its foaming capacity aids in air incorporation and leavening.

In tropical Asia, food applications of rice bran will have to await the reduction of hull contamination of rice bran from the use of Engelberg mills. However, stabilized rice bran is a good poultry feed since its trypsin inhibitor has been inactivated by extrusion cooking.

Rice-bran oil production was about 679 000 t in 1990 (FAO Statistics Division data) or about 13 percent of potential production based on 7 percent bran from rough rice, 15 percent oil recovery from bran and a world rice production of 507 million tonnes. The principal producers of rice bran oil are India (370 000 t), Japan (83 000 t) and China, including Taiwan (122 000 t).

Rice-bran oil has an iodine absorption number of 92 to 115 and contains 29 to 42 percent linoleic acid and 0.8 to 1.0 percent linolenic acid (Jaiswal, 1983). It is considered a salad oil rich in vitamin E and in various plant sterols (Juliano, 1985b).

Rice types preferred for rice products

Most rice products have a preferred amylose type which is related to the preferred rice type for boiled rice consumption in the country (Table 45). All rice types are used for parboiled rice, but usually intermediate- and high-amylose rices are used in Thailand and the United States. High-amylose rices are used in Bangladesh, India, Pakistan and Sri Lanka. Canned, precooked and quick-cooking rices, expanded rice products, rice cereals and snacks are of the type preferred for boiled rice. Low-GT rices are preferred for fermented products since the rice starch can be gelatinized at 70C and therefore requires less cooling before inoculation. Low-fat or highly milled rice, preferably freshly milled to minimize rancid odours, is preferred for rice products. Waxy rices are preferred for desserts and sweets because of the slower rate of

hardening of the boiled or steamed rice starch.

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

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

Effect of processing on nutritional value

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

Thermal processes can affect protein and starch properties (Table 46). The effect of boiling and parboiling was discussed in Chapters. Yellow rice from stack-burning of wet rough rice has a lower lysine content and NPU than normal rice (Eggum et al., 1984). Cystine and tryptophan are not affected.

TABLE 45 - Amylose type and other properties preferred for processed rice products

Product	Amylose type				Other properties
	Waxy	Low	Intermediate	High	
Parboiled rice.	+	+			
Precooked and quick-cooking rice ^a	+	+	+	+	
Canned rice ^a	+	+	+	+	

Expanded rice products	+	+	+	+	(Amylose content not a major factor)
Rice cereals and snacks	+	+	+		Low fat; texture affected by amylose content
Extrusion-cooked rice foods	+	+	+		Low fat
Rice-based infant formulations		+	+		Low fat
Rice flour and rice starch	+	+	+	+	Wet milling process, freshly milled
Rice puddings and breads		+	+	+	Low GT
Rice cakes	+	+	+		Low GT, aged (for fermented cakes), freshly milled
Flat rice noodles and rice paper	(+)				
Extruded rice noodles				+	Hard gel consistency
Rice wines			+	+	Low protein and fat, higher ethanol yield for waxy and low amylose
Beer adjunct		+			Low GT and low fat
Fermented rice foods			+		Parboiled

(idli, dosai)					
Rice frozen sauces, desserts,sweets	+	+			Slow retrogradation (syneresis)

^a Preferred amylose type based on type of raw rice preferred.

Most preferred amylose type.

Extrusion cooking reduces lysine and cystine levels but not tryptophan, and reduces the NPU of milled-rice protein (Eggum et al., 1986). Hydrogen sulphide is observed during rice extrusion cooking. Other heat processes decompose lysine (IRRI, 1984a; Juliano, 1985a), except gun-puffing, which affects cysteine (Villareal and Juliano, 1987). The subsequent toasting step is probably where the lysine decomposition occurs (Khan and Eggum, 1979; Chopra and Hira, 1986). The tryptophan residues in model food proteins are more stable during processing and storage than methionine and lysine (Nielsen et al., 1985).

TABLE 46 - Effect of heat treatment and processing on the lysine and cystine content and net protein utilization of rice in growing rats

Processing method	Percent decrease in			References
	Lysine	Cystine	NPU	
Boiling, 20min	1-3	0	0	Eggum, Resurreccin & Juliano, 1977
Pressure parboiling				

(20-60 min, 120C, 35% H ₂ O)	0	0	0	Eggum et al, 1984
Noodle extrusion (35% H ₂ O, 55C)	0-3	-	-	Khandker et a/,1986
Pan baking (220-230C,7-10min)	0		0	Khan & Eggum, 1978
Accelerated aging (100C,3 hours, sealed)	3		-	IRRI, 1984a
Pan toasting	5		-	IRRI, 1984a
Stackburning (high H ₂ O, <100C)	9-18		6-12	Eggum et al, 1984
Induced yellowing (60C, 4 days, sealed) 25-26% H ₂ O	14-18		-	IRRI, 1984a
14% H ₂ O	9		-	IRRI, 1984a
Popping, brown rice (207C, 45 see)	16-17		-	IRRI, 1984a
Extrusion cooking, flour (15% H ₂ O, 150C, 45 bars)	11	21	7-8	Eggum et al.,1986
Gun-puffing, milled rice (200-210C)	0	48	-	Villareal & Juliano, 1987
Commercial steaming and	37	-	-	IRRI, 1984a

puffing, milled rice Manufacture of commercial rice krispies	53	-	41	Khan & Eggum, 1979
Roasting (220-280C, 2-2.5 min)	69	-	61	Chopra & Hira, 1986

Rice batter (dough) fermentation reduces the phytate content of 0.45 percent by 45 percent after one day, 74 percent after two days and 80 percent after three days (Marfo et al., 1990). Legume phytate hydrolysis is also reported during fermentation of idli.

Enrichment and fortification

The purpose of rice enrichment and fortification is to restore to milled rice the levels of B vitamins and minerals removed from the grain during milling. It is technically more difficult than enriching wheat flour since rice is consumed as a whole grain. Traditional methods include parboiling, acid parboiling with 1 percent acetic acid, thiamine enrichment, coating, production of artificial rice, dibenzoylthiamine enrichment and multinutrient enrichment by adding a nutrient-enriched premix (Mickus and Luh, 1980; Misaki and Yasumatsu, 1985). Premix is made by soaking milled rice in an acetic acid solution of the water-soluble vitamins thiamine, riboflavin, niacin, pantothenic acid and pyridoxine. Then it is steamed, dried and coated with separate layers of vitamin E, calcium and iron and then with a protective coating material and natural food colouring to prevent the loss of nutrients through washing. The nutrient levels are the same as those of brown rice. This multinutrient-enriched rice is blended with milled rice at a 1:200 ratio. Only 10 percent of any nutrient is lost through ordinary washing before cooking and another 10 percent on cooking.

The pioneering enrichment field studies in Bataan province, the Philippines in 1948-50 demonstrated that rice enrichment was practical, with striking reductions in the incidence of beriberi in the areas in which enrichment was introduced (Salcedo et al., 1950; Williams, 1956).

Obstacles to the successful introduction of rice enrichment by the premix method include the following (FAO, 1954):

- the cost of the imported premix,
- the difficulty of ensuring that the premix is added to milled rice in the correct proportion in the mill,
- the slightly greater cost of enriched rice as compared with that of ordinary rice, which affects its sale to lower income groups,
- losses of added vitamins which may occur when enriched rice is cooked in excess water that is subsequently discarded, according to current practice in some rice-eating countries,
- issues related to standards and analysis, particularly of imported rice,
- lack of knowledge about the loss of added nutrients during storage.

Undermilling has been employed to retain B vitamins in milled rice, but the shelf-life of undermilled rice is shorter than that of milled rice and the product is less white (FAO, 1954). Some consumers remill the undermilled rice to remove the rancid outer layer and to make the rice whiter, with an accompanying loss of B vitamins. Milled rice has also been used for enrichment programmes for vitamin A as well as vitamin B in Thailand and the Philippines (Gershoff et al., 1977). The results of a village-wide supplementation of lysine threonine, thiamine, riboflavin and vitamin A for Thai preschool children were not conclusive with respect to the lysine-threonine fortification.

Chapter 7 Challenges and prospects

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

Keeping pace with population growth

The world population of 5 000 million in 1990 is expected to reach 8 000 million by 2020. Populations of less-developed countries, presently totalling 3 700 million, will reach 6 700 million by 2020. The present 2 100 million rice consumers in developing countries will reach 3 700 million in 2020 (IRRI, 1989).

To meet the projected growth in demand for rice (making allowances for its substitution by other foods) as incomes increase, the 1988 rice production of 490 million tonnes must increase to 556 million tonnes by 2000, and to 758 million tonnes by 2020—a 65 percent increase (1.7 percent per year), (IRRI, 1989). However, for the leading rice-growing countries of South and Southeast Asia, the needed increase in rice production by 2020 is about 100 percent (2.1 percent per year).

Environmental considerations

There has been increasing concern over the growth in aggregate rice output, which has peaked and is starting to decline, according to long-term experiments (IRRI, 1990b). Comparison of data from farmers' fields and experiment stations in Indonesia, the Philippines and Thailand confirmed that yield potentials

are stagnating and that there is a diminished gap between potential and actual farm yields. There is also strong but not conclusive evidence that rice yields and productivity are declining more than those of wheat in rice-wheat cropping systems. Zinc deficiency and yield response to phosphorus in addition to nitrogen are now more common.

Current production trends address the stability and ecological sustainability of rice production, its economic viability and equity. Thus, organic fertilizers such as Sesbania species and biological nitrogen fixation with organisms such as Azolla and Anabaena species are being pursued as partial substitutes for inorganic N fertilizers. Nitrogen fertilizer efficiency is only about 40 to 50 percent because of ammonia volatilization, nitrification and denitrification, leaching and surface drainage. Losses may be minimized by the use of slow-release and controlled-release fertilizers (De Datta, 1989). Deep placement either by hand or machine has also shown promising possibilities, but tests on machine deep placement have not given consistent results. Optimum time of split application of nitrogen fertilizer needs to be studied further with the current short-duration varieties. A recent review (Conway and Pretty, 1988) suggests that fertilizer use in developing countries presents very little actual hazard to health and contamination of the environment.

Integrated pest management is being introduced to minimize pesticide use and its concomitant pollution problem. The escalating use of insecticides in ricegrowing areas from the 1960s to the 1980s was not balanced by widespread improvements in insect pest control (IRRI, 1984b). Undesirable consequences have included pest resurgence, multiple insecticide resistance of major pests in high-use areas, destruction of communities of natural enemies, drastic reduction of fish as a local protein source and disturbing increases in human and faranimal poisoning. A framework for long-term stable crop protection should be based on the primary control tactics of varietal resistance, cultural control and biological control. When such control tactics fail to provide adequate protection, insecticides may be

applied in relation to pest populations and economic damage levels. The banning of persistent use of pesticides in most rice-producing countries has considerably reduced the pesticide residue and pollution problem. For example, carbofuran residues were found to be below the 0.2 ppm tolerance limit in rough rice from rice plants treated with 0.5 to 1.0 kg/ha active ingredient by various methods (Seiber et al., 1978). Levels of total organophosphate pesticides in irrigation water runoff from the IRRI farm in 1987-88 were low (at the ppb level) on the average, and no organochlorine pesticides were detected (IRRI, 1988b).

Environmental problems related to rice production include global climate changes: increases in atmospheric carbon dioxide, methane and nitrous oxide and a decrease in stratospheric ozone with a resultant increase in the ultraviolet-B radiation reaching the earth's surface, retention of solar radiation (the greenhouse effect) and global warming. Rice fields have been cited as the major generators of methane and nitrous oxide; studies are under way to verify these observations (IRRI, 1990a).

Soil loss in the 13 percent upland rice area (18 million ha) is estimated to be 2 to 4 cm per year or the equivalent of 200 to 400 t/ha per year in the open-field agricultural systems in Southeast Asia (IRRI, 1990b). Indicative of this problem is the fact that major rivers in Southeast Asia carry ten times more sediment out to sea than river systems in other parts of the world.

Water-induced land degradation includes waterlogging and salinity development from the intensive use of land in irrigated conditions. In addition, excessive sedimentation from mine tailings and industrial pollution affects land productivity (IRRI, 1990b). Irrigation management for sustainable production systems is imperative, including water management for acid sulphate soils and productivity enhancement for coastal saline areas. For non-irrigated farms, rainwater conservation in a reservoir of about 7 percent of the farm area can help stabilize yield and increase productivity in rain-fed, drought-prone lowland areas.

Malaria, schistosomiasis and Japanese encephalitis are important vector-borne diseases associated with rice production in developing countries (IRRI, 1988a). The causal agents are directly or indirectly associated with aquatic environments. Mosquitoes are the infective agents of malaria and of the encephalitis virus. Snail species act as intermediate hosts for the schistosome parasites, the cercariae, which swim about freely in contaminated water after they have been shed by the snails.

Increasing yield potential

More than 60 percent of the world's rice area is now planted to varieties of improved plant type. Little improvement in yield potential has occurred since the introduction of improved varieties in the mid-1960s when efforts were directed toward incorporating disease and insect resistance, shortening growth duration and improving grain quality. Yield is a function of total dry matter and harvest index (panicle/panicle and straw). The semi-dwarf varieties have a harvest index of around 0.45 to 0.50, in contrast to about 0.3 to 0.4 for the traditional tall varieties (Yoshida, 1981). Efforts are being made to improve the harvest index to around 0.6 to increase yields. The modern varieties have 20 to 25 tillers, of which only about 15 to 16 produce small panicles with about 100 to 120 grains. Efforts are being made to breed rice with only four to five productive tillers but with large panicles of about 250 grains to give a maximum yield of 13 t/ha as compared to the maximum yield of 10 t/ha of the present varieties (IRRI, 1989). These rices must have sturdy stems to support large panicles, dark green erect and thick leaves and a vigorous root system, and they should be about 90 cm tall. The proposed plant type will have to be managed differently from the present high-tillering modern rices which have been bred for transplanted conditions. They will be more suitable for direct sowing. The genetic diversification of tropical rice is being increased by crossing with japonica rices and with wild species through wide hybridization.

Drought resistance is important, particularly in upland and rain-fed lowland rices. Factors such as rooting

depth, extent of stomata! closure and cuticular resistance to water vapor are involved in varietal differences in response to water stress.

Deep-water or floating rices have a trait that enables their internodes to elongate to keep up with increases in water level. Deep-water conditions prevail in deltas, estuaries and river valleys in Bangladesh, Cambodia, India, Indonesia, Myanmar, Thailand and Viet Nam where flood waters rise annually to depths of from 0.5 to 5 m. Some of these rices also show drought resistance. Cold tolerance at the seedling, tillering or maturity stage is important in the mountains and hilly regions of countries such as Bangladesh, India, Indonesia, Nepal and the Philippines, where the semi-dwarf rices turn yellow and die or are stunted because of low ambient-air or irrigation-water temperatures. However, in the hot regions, such as southern Iran, Pakistan and Senegal, sterility is the problem, mainly because of disturbed pollen shedding and pollen viability.

No modern varieties have been bred to withstand completely the acid sulphate soils in parts of India, Viet Nam, etc.; the salty soils in inland desert areas in parts of India and Pakistan and the salt in brackish water in coastal regions; alkali soils; or organic soils (histosols). Iron toxicity and iron, zinc and phosphorus deficiencies are serious soil problems.

Losses due to insects, diseases and weeds in individual countries in the region range from 10 percent to more than 30 percent. Because of the rapid breakdown of single dominant gene resistance of rice plants to insect pests (about three years for resistance to brown planthopper, the Bphl gene), durable moderate resistance is a major focus. This type of resistance is sought to regulate the selection pressure on the insect pests so that insect strains resistant to the rice variety will not readily develop by mutation, genetic drift (the process by which smaller subpopulations hold random subsets of the total genetic variation), migration or selection. More insect population genetic studies are needed to determine how genetic variation in the pests'ability to feed on resistant varieties differs among subpopulations. To manage

resistance, we need to understand how both populations and regions differ in genetic variation to overcome resistance. Approaches include pyramiding two or more resistance genes, the multiline approach and horizontal resistance. Wide crosses with wild *Oryza* species are being used to incorporate resistance genes from wild rices. The same strategy is required for all pest resistance genes.

Probably as important a factor as seed viability is seed vigour, which tends to deteriorate during the few months of seed storage after harvest, depending on the variety. Loss of seed vigour results in an uneven initial stand of the rice crop, particularly on direct seeding (Seshu, Krishnasamy and Siddique, 1988). This is particularly critical for direct-seeded irrigated rice, where the pregerminated grain is drilled at least an inch below the soil surface under water. To improve overall productivity not only rice but the whole Asian rice farming system should be considered to determine the best pattern for each region.

Rice biotechnology

The Rockefeller Foundation's International Programme on Rice Biotechnology, established in 1984, has the following goals: to assure that new techniques for crop genetic improvement based on advances in molecular and cellular biology are developed for rice; to facilitate the transfer of these biotechnologies to rice breeding programmes in the developing world to produce improved varieties that address priority needs; and to help build the scientific research capability necessary for the continued development and application of new rice genetic improvement technologies in selected developing countries (Toenniessen and Herdt, 1989). Activities include wide hybridization to transfer useful traits from wild relatives to cultivated rice and the development of a knowledge base and biotechnology tools. These include the development of genetic maps and markers based on cloned DNA sequences, protoplast techniques as a vehicle for various genetic manipulations, genetic transformation techniques, cloning and characterizing of rice genes, diagnostic tools for the study of host-pathogen interactions and novel genes for rice

improvement. Novel genes being studied for rice improvement include viral genes such as a coat-protein gene conferring resistance to rice tungro virus, *Bacillus thuringiensis* toxin genes for resistance to yellow stem borer and other insect pests and wheat genes for inhibitors of rice weevil amylase. The objective is to produce transgenic rice plants containing these useful genes to confer resistance or tolerance to pests and diseases or to environmental stresses in order to ensure stable, high yields.

Efforts are being made to incorporate the maize Y1 gene (endosperm carotene), (Buckner, Kelson and Robertson, 1990) or a provitamin A carotenoid (e.g. tomato phytonene) gene (Cheung and Kawata, 1990) into rice grain to reduce the incidence of vitamin A deficiency in Asia (see Chapter 2). However, a non-pigmented precursor, as in white as opposed to yellow maize, is preferred to avoid the consumer objection to yellow-endosperm rice. The genes for carotenoid synthesis are present in rice, as in all photosynthetic plants, but are expressed in photosynthetic tissue and not in the endosperm.

Maize and wheat inhibitors of α -amylase from insects, especially the rice weevil, are being examined for possible incorporation into rice grain to improve its shelf-life and reduce storage losses. Oryzacystatin also inhibits rice-weevil digestive enzymes (sulphydryl protease) and is under study (Reeck, Muthukrishnan and Kramer, 1990).

The wheat glutelin gene involved in bread-baking quality (MacRitchie, du Cros and Wrigley, 1990) is being introduced into rice. The effect of the introduced gene on the grain protein content and quality of transgenic rice plants may be interesting. A wheat high-molecular-weight glutenin gene accumulates in transgenic tobacco endosperm at approximately 0.1 percent of total endosperm protein (Robert, Thompson and Flavell, 1989). Introduction of the barley amylose gene may also improve the seed vigour and malting quality of rice grain.

Starch mutants

Starch mutants from Japanese rices have been induced by treatments of Sasanishiki with ethyl methane sulphonate, of Norin 8 with ³²P beta rays, or of fertilized egg cells of Kinmaze with N-methyl-N-nitrosourea (Omura and Satoh, 1984; Juliano et al., 1990). They have been transferred to IR36 by two back-crosses. Sugary mutants contain phytoglycogen and have a high content of free sugars. Shrunken mutants have a low starch content. Both sugary and shrunken mutants have wrinkled brown rice, but the endosperm is hard in sugary and soft in shrunken mutants (Omura and Satoh, 1984). Floury grain has a chalky, soft endosperm. Dull mutants contain 2 to 14 percent amylose on a starch basis (as compared to 0 to 2 percent in waxy rice starch) and have a tombstone-white hard endosperm. Amylose extender(ae) mutants contain irregularly shaped starch granules characteristic of high-amylose maize starch. The IR36-based mutants had lighter, lower-density grains than IR36 and had a higher amylose content than the original Japanese rice mutants except for the dull mutants (Juliano et al., 1990).

The IR36-based ae mutants have a 40 to 42 percent apparent amylose content and a GT of 73 to 80C (Juliano et al., 1990). Their protein lysine content is higher than that of IR36 by 0.8 percent in brown rice and 0.5 percent in milled rice (Juliano et al., 1990). The maize ae mutant also has a higher lysine content in its protein (Grover et al., 1975). This ae mutant and other endosperm starch mutants have SDS-polyacrylamide gel electrophoresis patterns identical to those of the parent varieties (IRRI, 1983b; IRRI, unpublished data, 1990).

Protein mutants

Higher lysine mutants produced by S-2-aminoethyl-L-cysteine treatment of United States rices (Schaeffer and Sharpe, 1983) had a higher percentage of lysine in the grain protein (by about 0.5 percent) and a

higher percentage of protein in the grain, but they also had lighter grain and actually contained no more lysine than the parent (Juliano, 1985a). The 0.5 percent increase was also reflected in the screening of the rice germplasm bank for lysine content (Juliano, Antonio and Esmama, 1973). Amylose extender mutants of IR36 also had 0.5 percent more lysine in their protein than IR36 (Juliano et al., 1990).

A screening programme was initiated for mutants for the rice storage protein bodies PB-I and PB-II, which are located in the starchy endosperm. The crystalline PB-II is rich in glutelin and the large, spherical PB-I is rich in prolamin (see Chapter 3). Glutelin has a better amino acid score than prolamin except for that of a minor subunit of prolamin (see Table 17). Thus, the aim of the screening programme was to improve the nutritional quality of the rice protein by increasing the proportion of PB-II proteins, or reducing the proportion of PB-I proteins (Kumamaru et al., 1988). A number of mutants were identified which met these criteria, and their protein bodies were isolated and characterized (Ogawa et al., 1989).

Rice/sorghum and rice/wheat hybrids from the People's Republic of China were also rechecked for amino acid composition, particularly lysine, because rice protein is richer in lysine (3.5 to 4 percent) than sorghum (1 to 2 percent lysine and wheat (2 to 3 percent). The lysine content of four milled rice/sorghum hybrids of 3.1 to 3.6 g per 16.8 g N was closer to rice than to sorghum (IRRI, 1980). One milled sample of rice/wheat hybrid had 4.1 g lysine per 16.8 g N at 10.8 percent protein, with an SDS-polyacrylamide gel electrophoresis pattern characteristic of milled rice glutelin (IRRI, 1983a).

Studies on the biosynthesis of storage proteins in developing rice seeds (Yamagata et al., 1982) indicate that a rice glutelin and a soybean glycinin have evolved from a common ancestral gene (Higuchi and Fukazawa, 1987). Molecular biologists are studying protein biosynthesis in order to enhance the biosynthesis of glutelin, and thus to improve the nutritional quality of rice protein. An alternative approach is to suppress the biosynthesis of prolamin polypeptides that are low in lysine (see Table 17), such as the 10-kd prolamin subunit, which is probably involved in the indigestible BP-I of cooked rice.

Other mutants

Giant embryo mutants have an embryo two to three times the normal size and an increased brown rice lipid content (4 percent as compared to 2.5 percent), (Omura and Satoh, 1984). Some mutants have a thicker aleurone layer (>50 m as compared to the normal 30 m) which is seen as a possible means to increase the lipid content of the rice grain. The large embryo mutant variety Hokkai 269 has 14 percent bran as compared to 7 percent for common rice, but it has a lower oil content in the bran of 18 percent versus 21 to 22 percent for common bran (A. Nagao, personal communication, 1990).

Bibliography (A-C)

Adair, C.R. 1972. Production and utilization of rice. In D.F. Houston, ed. Rice chemistry and technology, p. 15. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Antonio, A.A. & Juliano, B.O. 1973. Amylose content and puffed volume of parboiled rice. J. Food Sci., 38: 915-916.

Aoe, S., Ohta, F. & Ayano, Y. 1989. Effect of rice bran hemicellulose on the cholesterol metabolism in rats. Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi, 42: 55-61.

Asian Development Bank. 1989. Key indicators of developing member countries of ADB, Vol. 20. Manila, ADB. 388 pp.

Autret, M., Perisse, J., Sizaret, F. & Cresta, M. 1968. Protein value of different types of diet in the world:

their appropriate supplementation. *Nutr. Newsl.*, 6(4): 1-29.

Ayano, Y., Ohta, F., Watanabe, Y. & Mita, K. 1980. "Dietary fiber" fractions in defatted rice bran and their hypocholesterolemic effect in cholesterol-fed rats. *Eiyo To Shokuryo*, 33: 283-291.

Bandara, J.M.R.S. 1985. Study on the relationship between fermented odour, presence of bran and mould in parboiled rice, and aflatoxin content in Sri Lanka. In *FAO/UNDP Regional Field Workshop on Rice Grading, Inspection and Analysis*, Lahore & Karachi, Pakistan, 11-18 March 1985, p. 218225. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Barber, S. 1972. Milled rice and changes during aging. In D.F. Houston, ed. *Rice chemistry and technology*, p. 215-263. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Barker, R.X., Herdt, R.W. & Rose, B. 1985. *The rice economy of Asia*. Washington, D.C., Resources for the Future; Manila, IRRI. 324 pp.

Bean, M.M. & Nishita, K.D. 1985. Rice flours for baking. In B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*, 2nd ea., p. 539-556. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Bechtel, D.B. & Pomeranz, Y. 1978. Ultrastructure of the mature ungerminated rice (*Oryza saliva*) caryopsis. The starchy endosperm. *Am. J. Bot.*, 65: 684-691.

Bhattacharya, K.R. 1985. Parboiling of rice. In B.O. Juliano, ed. *Rice chemistry and technology*, 2nd ed, p. 289-348. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Bibby, B.G. 1985. Cereal foods and dental caries. *Cereal Foods World*, 30: 851-855.

- Bjrcck, I., Nyman, N., Pedersen, B., Siljeström, M., Asp, N.-G & Eggum, B.O. 1987. Formation of enzyme resistant starch during autoclaving of wheat starch: studies in vitro and in vivo. J. Cereal Sci., 6: 159-172.**
- Blackwell, R.Q., Yang, T.H. & Juliano, B.O. 1966. Effect of protein content upon growth rates of rats fed highrice diets (Abstr.) Proc. 11th Pac. Sci. Congr., Tokyo, 8: 15.**
- Bradbury, J.H. & Holloway, W.D. 1988. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research. 201 pp.**
- Breckenridge, C. & Arseculeratne, S.N. 1986. Laboratory studies on parboiled and raw rough rice and their milling fractions as substrates for the production and accumulation of aflatoxin. Food Microbiol., 3: 67-79**
- Bressani, R., Elias, L.G. & Juliano, B.O. 1971. Evaluation of the protein quality of milled rices differing in protein content. J. Agric. Food Chem., 19: 1028-1034.**
- Brockington, S.F. & Kelly, V.J. 1972. Rice breakfast cereals and infant foods. In D.F. Houston, ed. Rice chemistry and technology, p. 410-418. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.**
- Buckner, B., Kelson, T.L. & Robertson, D.S. 1990. Cloning of the Y, locus of maize, a gene involved in the biosynthesis of carotenoids. Plant Cell, 2: 867-876.**
- Burns, E.E. & Gerdes, D.L. 1985. Canned rice foods. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ed., p. 557-567. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.**
- Buttery, R.G., Ling, L.C., Juliano, B.O. & Turnbaugh, J.A.G. 1983. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. J. Agric. Food Chem., 31: 823-826.**

Cabrera, M.I.Z., Loyola, A.S., Alejandro, E.R., Yu, G.B., Kuizon, M.D., Intengan, C. Ll., Roxas, B.V. & Juliano, B.O. 1987. Effect of reduction in energy intake on nitrogen balance and growth of preschool children: a preliminary study. *Philipp. J. Nutr.*, 40: 22-31.

Cabrera-Santiago, M.I., Intengan, C.Ll., Roxas, B.V., Juliano, B.O., Perez, C.M., Loyola, A.S., Alejandro, E.R., Abadilla, J.W., Yu, G.F.B. & Mallillin, A.C. 1986. Protein requirements of preschool children consuming rice-milk, ricetoasted mung bean, and rice diets. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, 36: 167- 178.

Cagampang, G.B., Cruz, L.J., Espiritu, S.G., Santiago, R.G. & Juliano, B.O. 1966. Studies on the extraction and composition of rice proteins. *Cereal Chem.*, 43: 145155.

Cagampang, G.B., Perez, C.M. & Juliano, B.O. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.*, 24: 15891594.

Chang, P.Y. 1988. The utilization of rice in Taiwan, Republic of China. *Food Fert. Technol. Cent. Asian Pac. Reg. Ext. Bull.*, 273: 1-9.

Chang, T.T. 1983. The origins and early cultures of the cereal grains and food legumes. In D.N. Keightley, ed. *The origins of Chinese civilization*, p. 65-94. Berkeley, CA, USA, University of California Press.

Chang, T.T. 1985. Crop history and genetic conservation-rice: a case study. *Iowa State J. Res.*, 59: 425455.

Cheigh, H.-S., Ryu, C.-H., Jo, J.-S. & Kwon, T.-W. 1977a. Effect of washing on the loss of nutrients of rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 9: 170-174 (in Korean).

Cheigh, H.-S., Ryu, C.-H., Jo, J.-S. & Kwon, T.-W. 1977b. A type of postharvest loss: nutritional losses during

washing and cooking of rice. Korean J. Food Sci. Technol., 9: 229233.

Chelliah, S. & Heinrichs, E.A. 1984. Factors contributing to rice brown planthopper resurgence. In Proceedings, FAO/IRRI Workshop on Judicious and Efficient Use of Insecticides on Rice, IRRI, 21-23 February 1983, p. 107-115. Manila, IRRI.

Chen, W.-P. & Chang, Y.-C. 1984. Production of high-fructose rice syrup and high-protein rice flour from broken rice. J. Sci. Food Agric., 35: 1128-1135.

Chen, X.C., Yin, T.A., Yang, X.J., Bai, JAG. & Huang, Z.S. 1984. Protein requirements of Chinese male adults. UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl., 10: 96-101.

Cheung, A.Y. & Kawata, E. 1990. Isolation of genes involved in carotenoid biosynthesis and accumulation in plants. Abstracts 4th Annual Meeting Rockefeller Foundation's International Program on Rice Bio technology, IRRI, 9-12 May 1990. New York, Rockefeller Foundation.

Chinnaswamy, R. & Bhattacharya, K.R. 1984. Relationship between amylose content and expansion characteristics of parboiled rice. J. Cereal Sci., 21: 273279.

Chong, Y.H. 1979. Malnutrition, food patterns and nutritional requirements in Southeast Asia. In Proceedings UNU/IRRI Workshop on Interfaces Between Agriculture, Nutrition and Food Science, IRRI, 1977, p. 1-17. Los Baos, Laguna, the Philippines, IRRI.

Chopra, N. & Hira, C.K. 1986. Effect of roasting on protein quality of cereals. J. Food Sci. Technol., 23: 233235.

Chopra, R.N. 1933. Indigenous drugs of India. Calcutta. 655 pp. Cited in E. Quisumbing, 1978. Medicinal plants in the Philippines. Quezon City, the Philippines, Katha Publishers.

Choudhury, N.H. & Juliano, B.O. 1980. Effect of amylose content on the lipids of mature rice grain. Phytochemistry, 19: 1 385- 1 389.

Clark, H.E., Howe, J. M. & Lee, C.J. 1971. Nitrogen retention of adult human subjects fed a high protein rice. Am. J. Clin. Nutr., 24: 324-328.

Clarke, P.A. 1982. Cooking losses in rice-a preliminary study of the effect of grain breakage. J. Food Technol., 17: 507-511.

Codex Alimentarius Commission. 1990. Proposed draft standard for rice. FAO Food Standards Programme CX/CPL/90/5. Rome, FAO. 8 pp.

Coffman, W.R. & Juliano, B.O. 1987. Rice. In R.A. Olson, ed. Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement. Agron. Monogr. 28, p. 101-131. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America.

Cogburn, R. R. 1985. Rough rice storage. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ea., p. 265-287. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Conway, G.R. & Pretty, J.N. 1988. Fertiliser risks in the developing countries: a review. London, International Institute for Environment and Development, Sustainable Agriculture Programme. 70 pp.

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

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

Bibliography (D-I)

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

Dalrymple, D.G. 1986. Development and spread of high-yielding rice varieties in developing countries. Washington, D.C., Agency for International Development, Bureau of Science and Technology. 117 pp.

Dans, A.L., Florete, O.G., Paz, E.T., Tamesis, B.R., Aonuevo, J.E. & Zarcilla, F. 1987. The efficacy, safety, and acceptability of high-fiber rice-bran diet (darak) in the control of diabetes mellitus. 4th Congress ASEAN Federation of Endocrine Societies, Manila, 5-10 December.

De Datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, J. Wiley & Sons. 618 pp.

De Datta, S.K. 1989. Integrated nutrient management in relation to soil fertility in lowland rice-based cropping systems. In Rice farming systems. new directions, p. 141-160. Manila, IRRI. del Rosario, A.R., Briones, V.P., Vidal, A.J. & Juliano, B.O. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. Cereal Chem., 45: 225-235.

DeMaeyer, E.M. 1986. Xerophthalmia and blindness of nutritional origin in the Third World. Child. Trop., No. 165.

DeMaeyer, E.M. & Adiels-Tegman, M. 1985. The prevalence of anaemia in the world. World Health Stat. Q., 38(3): 302316.

de Padua, D. B. 1979. A critical review of the losses in the rice post-production system in some South east Asian countries. In Interfaces between agriculture, nutrition, and food science. Proceedings of a UNU-IRRI workshop, IRRI, 1977, p. 89104. Los Baos, Laguna, the Philippines, IRRI.

de Padua, D. 1988. Some imperatives in crop drying research. In Research and development issues in grain postharvest problems in Asia, p. 31 37. Eschborn, Germany, GTZ Group for Assistance on Systems Relating to Grain after Harvest.

De Vizia, B., Ciccimarra, F., De Cicco, N. & Auricchio, S. 1975. Digestibility of starches in infants and children. J. Pediatr., 86: 50-55.

Desikachar, H.S.R., Raghavandra Rao, S.N. & Ananthachar, T.K. 1965. Effect of degree of milling on water absorption of rice during cooking. J. Food Sci. Technol., 2: 110112.

Dien, L.D., Trinh, N.B., Lieu, L.T. & Hieu, L.H. 1987. Influence of seasons on several biochemical criteria of rice seeds (*Oryza sativa* L.). Tap Chi Sinh Hoc, 9(2): 15-21, 31.

Dizon, E.L. & Sanchez, P.C. 1984. Mass production of red mold rice ("angkak") and stability of the *Monascus* pigment. Philipp. Agric., 67: 25 -41.

Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics, 11: 1-42.

Efferson, J.N. 1985. Rice quality in world markets. In Rice grain quality and marketing, p. 1 - 13. Manila, IRRI.

Eggum, B.O. 1969. Evaluation of protein quality and the development of screening techniques. In New

approaches to breeding for improved plant protein, p. 125- 135. Vienna, IAEA.

Eggum, B.O. 1973. A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. Publ. 406. Copenhagen, Agricultural Research Laboratory. 173 pp.

Eggum, B.O. 1977. Nutritional aspects of cereal protein. In A. Muhammad, R. Aksel & R.C. von Boustel, eds. Genetic diversity in plants, p. 349369. New York, Plenum Press.

Eggum, B.O. 1979. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. In Proceedings, Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, p. 91-111. Los Baos, Laguna, the Philippines, IRRI.

Eggum, B.O., Alabata, E.P & Juliano, B.O. 1981. Protein utilization of pigmented and nonpigmented brown and milled rice by rats. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 31: 175- 179.

Eggum, B.O., Cabrera, M.I.Z. & Juliano, B.O. 1992. Protein and lysine digestibility and protein quality of cooked Filipino rice diets and milled rice in growing rats. Plant Foods Hum. Nutr., 42: (in press).

Eggum, B.O. & Juliano, B.O. 1973. Nitrogen balance in rats fed rices differing in protein content. J. Sci. Food. Agric., 24: 921-927.

Eggum, B.O. & Juliano, B.O. 1975. Higher protein content from nitrogen fertilizer application and nutritive value of milled rice protein. J. Sci. Food Agric., 26: 425-427.

Eggum, B.O., Juliano, B.O., Ibabao, M.G.B. & Perez, C.M. 19X6. Effect of extrusion cooking on nutritional value of rice flour. Food Chem., 19: 235-240.

Eggum, B.O., Juliano, B.O., Ibabao, M.G.B., Perez, C.M. & Carangal, V.R. 1987. Protein and energy

utilization of boiled rice-legume diets and boiled cereals in growing rats. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 37: 237-245.

Eggum, B.O., Juliano, B.O. & Manigat,, C.C. 1982. Protein and energy utilization of rice milling fractions by rats. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 31: 371 -376.

Eggum, B.O., Juliano, B.O., Villareal, C.P. & Perez, C.M. 1984.

Effect of treatment on composition and protein and energy utilization of rice and mung bean by rats. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 34: 261 -272.

Eggum, B.O., Resurreccin A.P. & Juliano, B.O. 1977. Effect of cooking on nutritional value of milled rice in rats. Nutr. Rep. Int., 16: 649655.

El Bay, A.W., Nierle, W. & Wolff, J. 1980. Substanzverluste beim Kochen von Reis. Getreide Mehl Brot, 34: 4346.

El-Harith, A.E.-H., Dickerson, J.W.T. & Walker, R. 1976. On the nutritive value of various starches for the albino rat. J. Sci. Food Agric., 27: 521-526.

Ellis, J. R., Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1986. Protein content, distribution and retention during milling of brown rice. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 36: 17-26.

Englyst, H.N., Anderson, V. & Cummings, J.H. 1983. Starch and nonstarch polysaccharides in some cereal foods. J. Sci. Food Agric., 34: 14341440.

Eppendorfer, W.H., Eggum, B.O. & Bille, S.W. 1979. Nutritive value of potato crude protein as influenced

by manuring and amino acid. *J. Sci. Food Agric.*, **30**: 361-368.

FAO. 1954. *Rice and rice diets-a nutritional survey*, rev. ed. Rome, FAO. 78 pp.

FAO. 1984. *Food balance sheets, 1979-81 average*. Rome, FAO.

FAO. 1985. *Rice processing industries*. FAO/UNDP Regional Workshop, Jakarta, 15-20 July 1985. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific. 293 pp.

FAO. 1990a. Rice. *FAO Q. Bull. Stat.*, **3**(1): 20-28, 55, 73.

FAO. 1990b. *FAO production yearbook, 1989*. FAO Stat. Ser. No. 88, Vol. 43. Rome, FAO.

FAO. 1990c. *Protein quality evaluation. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation*, Bethesda, MD, USA, 4-8 December 1989. Rome, FAO. 66 pp.

FAO. 1991. *Cost of producing rice in selected countries*. FAO Committee on Commodity Problems, Intergovernmental Group on Rice, 34th Session, 25-28 March 1991. Rome, FAO. 37 pp

Feldstein, H.S. & Poats, S.V. 1990. *Women in rice farming systems review report*. Manila, IRRI. 26+ pp.

Ferretti, R.J. & Levander, O.A. 1974. *Effect of milling and processing on the selenium content of grains and cereal products*. *J. Agric. Food Chem.*, **22**: 1049-1051.

Flinn, J.C. & Unnevehr, L.J. 1984. *Contributions of modern rice varieties to nutrition in Asia-an IRRI perspective*. In P. PinstрупAndersen, A. Berg & M. Forman, eds. *International agricultural research and human nutrition*, p. 157-178. Washington, D.C., International Food Policy Research Institute; Rome, UN

Administrative Committee on Coordination/Subcommittee on Nutrition.

Food and Nutrition Research Institute. I 1980. Food composition tables, recommended for use in the Philippines. FNRI Handbook 1, 5th rev. Manila, FNRI. 313 pp.

Food and Nutrition Research Institute. 1984. Second nationwide nutrition survey, Philippines, 1982. FNRI-84RP-ns-10. Manila, FNRI. 228 pp.

Food and Nutrition Research Institute, 1987. Aflatoxin content of selected Filipino food items. Manila, FNRI, Biological Hazards Section, Food Composition and Quality Program (Unpublished typescript).

Furugori, K. 1985. Rice processing manufacturing industries in Japan. Recent trends in technologies. In FAO/UNDP Regional Workshop on Rice Processing Industries, Jakarta, 15-20 July 1985, p. 82-87. Bangkok,

FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Gariboldi, F. 1984. Rice parboiling. FAO Agric. Serv. Bull. 56. Rome, FAO. 73 PP.

Gerhardt, A.L. & Gallo, N.B. 1989. Effect of a processed California medium grain rice bran and germ product on hypercholesterolemia. Poster paper presented at the Annual Meeting, Am. Assoc. Cereal Chem., Washington, D.C.

Gershoff, S.N., McGandy, R.B., Suttapreyasri, D., Promkutkao, C., Nondasuta, A., Pisolyabuttra, U., Tantiwongse, P. & Viravaidhyaya, V. 1977. Nutrition studies in Thailand. II. Effect of fortification of rice with lysine, threonine, thiamine, riboflavin, vitamin A and iron on preschool children. Am. J. Clin. Nutr., 30: 1185-1195.

- Glover, D.V., Crane, P.L., Misra, P.S. & Mertz, E.T. 1975. Genetics of endosperm mutants in maize as related to protein quality and quantity. In High quality protein maize, CIMMYT-Purdue University International Symposium, El Batan, 1972, p. 228-240. Stroudsburg, PA, USA, Dowden, Hutchinson & Ross.**
- Goddard, M.S., Young, G. & Marcus, R. 1984. The effect of amylose content on insulin and glucose response to ingested rice. Am. J. Clin. Nutr, 39: 388-392.**
- Gopala Krishna, A.G., Prabhakar, J.V. & Sen, D.P. 1984. Effect of degree of milling on tocopherol content of rice bran. J. Food Sci. Technol., 21: 222224.**
- Graham, G.G., Glover, D.V., Lopez de Romaa, G., Morales, E. & MacLean, W.C. Jr. 1980. Nutritional value of normal, opaque-2 and sugary-2 opaque-2 maize hybrids for infants and children. I. Digestibility and utilization. J. Nutr., 110: 10611069.**
- Grewal, P. & Sangha, J.K. 1990. Effect of processing on thiamin and riboflavin contents of some highyielding rice varieties of Punjab. J. Sci. Food Agric., 52: 387-391.**
- Griffin, V.K. & Brooks, J.R. 1989. Production and size distribution of rice maltodextrins hydrolyzed from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. J. Food Sci., 54: 190193.**
- Habito, C.F. 1987. A stochastic evaluation of mechanized rice postharvest technology through systems simulation modelling (will reduced risk and uncertainty sell paddy dryers?). In B.M. de Mesa, ed. Grain production in postharvest systems. Proceedings 9th ASEAN Technical**
- Seminar on Grain Postharvest Technology, Singapore, 26-29 August 1986, p. 253-271. Manila, ASEAN Crops Postharvest Programme.**

- Hallberg, L., Bjorn-Rasmussen, E., Rossander, L. & Suwanik, R. 1977. Iron absorption from Southeast Asia diets. II. Role of various factors that might explain low absorption. Am. J. Clin. Nutr., 30: 539-548.**
- Hansen, L.P., Hosek, R., Callon, M. & Jones, F.T. 1981. The development of high protein rice flour for early childhood feeding. Food Technol., 35(1): 38-42.**
- Haumann, B.F. 1989. Rice bran linked to lower cholesterol. J. Am. Oil Chem. Soc., 66: 615-618.**
- Hayakawa, T. & Igaue, 1.1979. Studies on the washing of milled rice: scanning electron microscopic observation and chemical study of solubilized materials. Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 53: 321-327.**
- Hegsted, D.M. & Juliano, B.O. 1974. Difficulties in assessing the nutritional quality of rice protein. J. Nutr., 104: 772-781.**
- Hemavathy, J. & Prabhakar, J.V. 1987. Lipid composition of rice (*Oryza sativa* L.) bran. J. Am. Oil Chem. Soc., 64: 1016-1019.**
- Herdt, R.W. 1986. The economics of rice production in developing countries. Food Rev. Int., 1: 447-463.**
- Hesseltine, C.W. 1979. Some important fermented foods of mid Asia, the Middle East, and Africa. J. Am. Oil Chem. Soc., 56: 367-374.**
- Hibino, K., Kidzu, T., Masumura, T., Ohtsuki, K., Tanaka, K., Kawabata, K. & Fujii, S. 1989. Amino acid composition of rice prolamin polypeptides. Agric. Biol. Chem., 53: 513-518.**
- Higuchi, W. & Fukazawa, C. 1987. A rice glutelin and a soybean glycinin have evolved from a common ancestral gene. Gene, 55: 245-253.**

- Hinton, J.J.C. & Shaw, B. 1954. The distribution of nicotinic acid in the rice grain. *Br. J. Nutr.*, 8: 65-71.
- Hirao, M. 1990. Trend of rice consumption in Japan. *Farming Jpn.*, 24(1): 14-20.
- Hizukuri, S., Takeda, Y., Maruta, N. & Juliano, B.O. 1989. Molecular structures of rice starch. *Carbohydr. Res.*, 189: 227-235.
- Holland, B., Unwin, I.D. & Buss, D.H. 1988. Cereal and cereal products. Third Supplement to McCance, R. A. & Widdowson, E.M. The composition of food, 4th ed. Nottingham, Royal Society of Chemistry. 147 pp.
- Holm, J., Björck, I., Ostrowska, S., Eliasson, A.-C., Asp, N.-G., Larsson, K. & Lundquist, I. 1983. Digestibility of amylose-lipid complexes in-vitro and in-vivo. *Starch*, 35: 294-297.
- Hopkins, D.T. 1981. Effect of variation in protein digestibility. In C.E. Bodwell, J.S. Adkins & D.T. Hopkins, eds. *Protein quality in humans: assessment and in vitro estimation*, p. 169-193. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.
- Huang, J., David, C.C. & Duff, B. 1991. Rice in Asia: is it becoming an inferior good? (Comment.) *Am. J. Agric. Econ.*, 73: 515-521.
- Huang, J.-F. 1990. The relation between soil nutrients and rice qualities. *Trans. 14th Int. Congr. Soil Sci.*, Kyoto, 12- 18 Aug. 1990, 4: 170175.
- Huang, P.C. 1987. Changing pattern of rice grain production, consumption and dietary life in Taiwan. In *Proceedings, International Symposium, Dietary Life of Rice-Eating Populations, Kyoto, 24 October 1987*, p. 47-52. Kyoto, Research Institute for Production Development.

Huang, P.C. & Lin, C.P. 1982. Protein requirements of young Chinese male adults on ordinary Chinese mixed diet and egg diet at ordinary levels of energy intake. J. Nutr, 112: 897907.

Huang, PC., Lin, C.P. & Hsu, J.Y.

1980. Protein requirements of normal infants at the age of about one year: maintenance nitrogen requirements and obligatory nitrogen losses. J. Nutr., 110: 17271735.

Huebner, F.R., Bietz, J.A., Webb, B.D. & Juliano, B.O. 1990. Rice cultivar identification by high-performance liquid chromatography of endosperm proteins. Cereal Chem., 67: 129-135.

Huke, R.E. & Huke, E.H. 1990. Rice. then and now. Manila, International Rice Research Institute. 44 pp.

Hussain, T., Tontisirin, K. & Chanwanakarnkit, L. 1983. Protein digestibility of weaning foods prepared from rice-minced meat and rice-mungbean combination in infants using a short term nitrogen balance method. J. Nutr. Sci. Vitaminol., 29: 497-508.

Ilag, L.L. & Juliano, B.O. 1982. Colonisation and aflatoxin formation by *Aspergillus* spp. on brown rices differing in endosperm properties. J. Sci. Food Agric., 33: 97-102.

Imai, T. 1990. Rice-based products in Japan. Farming Jpn., 24(1): 21 -28.

Inoue, G., Kishi, K., Fujita, Y., Yamamoto, S. & Yoshimura, Y. 1981. Interrelationships between effects of protein and energy intakes on nitrogen utilization in adult men. UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl., 5: 247-258.

Intengan, C.LI., Roxas, B.V., Bautista, C.A. & Alejo, L.G. 1976. Studies on protein requirements of Filipinos.

Philipp. J. Nutr., 29: 9498.

Intengan, C.LI., Roxas, B.V., CabreraSantiago, M.I.Z., Loyola, A.S., Alejandro, E.R., Abadilla, J.N. & Yu, G.F.B. 1984. Protein requirements of Filipino children 18-30 months old concerning local diets. I. Rice-fish and rice-mungbean diets. Philipp. J. Nutr., 37: 87-95.

Intengan, C.LI., Roxas, B.V., Santiago, M.I. & Juliano, B.O. 1982. Protein requirements of adult Filipinos concerning local diets. Philipp. J. Nutr., 35: 112- 119.

IRRI. 1975. Annual report for 1974, p. 1-50. Manila, IRRI.

IRRI. 1976. Annual report for 1975, p. 83-90, 111-125. Manila, IRRI.

IRRI. 1 1980. Annual report for 1979, p. 25-38. Manila, IRRI.

IRRI. 1983a. Annual report for 1981, p. 77-82. Manila, IRRI.

IRRI. 1983b. Annual report for 1982, p. 70-75. Manila, IRRI.

IRRI. 1984a. Annual report for 1983, p. 61-66. Manila, IRRI.

IRRI. 1984b. Proceedings of the FAO/IRRI Workshop on Judicious and Efficient Use of Insecticides on Rice. Manila, IRRI. 180 pp.

IRRI. 1988a. Vector-borne disease control in humans through rice agroecosystem management. Manila, IRRI (in collaboration with WHO/FAO/UNEP Panel of Experts on Environmental Management for Vector Control). 237 pp.

IRRI. 1988b. Annual report for 1987, p. 4354, 188-193. Manila, IRRI.

IRRI. 1989. IRRI toward 2000 and beyond. Manila, IRRI. 66 pp.

IRRI. 1990a. Program report for 1989, p. 200-205. Manila, IRRI.

IRRI. 1990b. Sustainability aspects of rice culture. External review, summary papers. Manila, IRRI.

IRRI. 1991a. World rice statistics, 1990. Manila, IRRI. 320 p.

IRRI. 1991b. Program report for 1990. Manila, IRRI.

IRRI & IDRC (International Development Research Centre). 1992. Consumer demand for rice grain quality. Manila, IRRI (in press).

Iwasaki, T. 1987. Measures for the enhancement of rice consumption and diversification of rice utilization. Paper presented at the International Seminar on the Diversification of Rice Utilization, 12- 17 October, Bangkok. 3 pp.

Bibliography (J-M)

Jaiswal, P.K. 1983. Specification of rice bran oil and extractions. In Rice bran oil: status and prospects. Proceedings of a seminar, Southern Zone, Hyderabad, 13 August 1983, p. 64-77. Andra Pradesh, Oil Technologists' Association of India.

Jiratsatit, J., Mangklabruks, A., Keoplung, M., Matayabun, S. & Chumsilp, L. 1987. Glycemic effects of rice and glutinous rice on treated type II diabetic subjects. J. Med. Assoc. Thailand, 70: 401-409.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition. In D.F. Houston, ed. Rice chemistry and technology, p. 1674. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Juliano, B.O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. In Proceedings, Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, p. 69-90. Los Baos, Laguna, the Philippines, IRRI.

Juliano, B.O. 1984. Rice starch: production, properties, and uses. In R.L. Whistler, J.N. BeMiller & E.F. Paschall, eds. Starch: chemistry and technology, 2nd ed., p. 507-528. Orlando, FL, USA, Academic Press.

Juliano, B.O. 1985a. Factors affecting nutritional properties of rice protein. Trans. Natl. Acad. Sci. Technol. (Philipp.), 7: 205-216.

Juliano, B.O., ed. 1985b. Rice: chemistry and technology, 2nd ed. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem. 774 pp.

Juliano, B.O., Antonio, A.A. & Esmama, B.V. 1973. Effects of protein content on the distribution and properties of rice protein. J. Sci. Food Agric., 24: 295306.

Juliano, B.O. & Bechtel, D.B. 1985. The rice grain and its gross composition. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ed., p. 17-57. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Juliano, B.O. & Boulter, D. 1976. Extraction and composition of rice endosperm glutelin. Phytochemistry, 15: 1601-1606.

- Juliano, B.O. & Duff, B. 1989. Setting priorities for rice grain quality research. Paper presented at 12th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology, Surabaya, Indonesia, 29-31 August.**
- Juliano, B.O. & Duff, B. 1991. Rice grain quality as an emerging research priority in national rice breeding programs. In Rice grain marketing and quality issues, p. 5564. Manila, IRRI.**
- Juliano, B.O. & Goddard, M.S. 1986. Cause of varietal difference in insulin and glucose responses to ingested rice. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 36: 35-41.**
- Juliano, B.O. & Hicks, P.A. 1993. Utilization of rice functional properties to produce rice food products with modern processing technologies. Int. Rice Comm. Newsl. (Special Issue: Proc. 17th Session Intl. Rice Comm., 1990), 39: 163- 179.**
- Juliano, B.O., Ibabao, M.G.B., Perez, C. M., Clark, R.B., Maranville, J.W., Mamaril, C.P., Choudhury, N.H., Momuat, C.J.S. & Corpuz, I.T. 1987. Effect of soil sulfur deficiency on sulfur amino acids and elements in brown rice. Cereal Chem., 64: 27-30.**
- Juliano, B.O., Perez, C.M. & Kaosaard, M. 1990. Grain quality characteristics of export rices in selected markets. Cereal Chem., 67: 192-197.**
- Juliano, B.O., Perez, C.M., Kaushik, R. & Khush, G.S. 1990. Some grain properties of IR36-based starch mutants. Starch, 42: 256-260.**
- Juliano, B.O., Perez, C.M., Komindr, S. & Banphotkasem, S. 1989a. Properties of Thai cooked rice and noodles differing in glycemic index in noninsulin-dependent diabetics. Plant Foods Hum. Nutr., 39: 369-374.**

Juliano, B.O., Perez, C.M., Maranan, C.L., Abansi, C.L. & Duff, B.

1989b. Grain quality characteristics of rice in Philippine retail markets. Philipp. Agric., 72: 113 - 122.

Juliano, B.O. & Sakurai, J. 1985. Miscellaneous rice products. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ea., p. 569-618. St Paul, MN, USA Am. Assoc. Cereal Chem.

Juliano, B.O. & Villareal, C.P. 1991. Grain characteristics of milled rices grown in rice-producing countries. Manila, IRRI.

Kagawa, H., Hirano, H. & Kikuchi, F. 1988. Variation in glutelin seed storage protein in rice (*Oryza sativa* L.). Jpn. J. Breeding, 38: 327-332.

Kahlon, T.S., Saunders, R.M., Chow, F.I., Chui, M.C. & Betschart, A.A. 1990. Influence of rice bran, oat bran and wheat bran on cholesterol and triglyceride in hamsters. Cereal Chem., 67: 439-443.

Kaosa-ard, M.S. & Juliano, B.O. 1989. Assessing quality characteristics and price of rice in selected international markets. Paper presented at 12th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology, Surabaya, Indonesia 29-31 August.

Kempf, W. 1984. Recent trends in European Community and West German starch industries. Starch, 36: 333-341.

Kennedy, B.M. & Schelstraete, M. 1975. A note on silicon in rice endosperm. Cereal Chem., 52: 854856.

Khan, M.A. & Eggum, B.O. 1978. Effect of baking on the nutritive value of Pakistani bread. J. Sci. Food Agric., 29: 1069-1075.

Khan, M.A. & Eggum, B.O. 1979. Effect of home and industrial processing on protein quality of baby foods and breakfast cereals. J. Sci. Food Agric., 30: 369-376.

Khandker, A.K., de Mosqueda, M.B., del Rosario, R.R. & Juliano, B.O. 1986. Factors affecting properties of rice noodles prepared with an extruder. ASEAN Food J., 2: 31 -35.

Khin-Maung-U, Bolin, T.D., Pereira, S.P., Duncombe, V.M., Nyunt-NyuntWai, Myo-Khin & Linklater, J.M. 1990a. Absorption of carbohydrate from rice in Burmese village children and adults. Am. J. Clin. Nutr., 52: 342-347.

Khin-Maung-U, Pereira, S.P., Bolin, T.D., Duncombe, V.M., Myo-Khin, Nyunt-Nyunt-Wai & Linklater, J.M. 1990b. Malabsorption of carbohydrate from rice and child growth: a longitudinal study with the breathhydrogen test in Burmese village children and adults. Am. J. Clin. Nutr., 52: 348-352.

Khor, G.L., Tee, E.S. & Kandiah, M. 1990. Patterns of food production and consumption in the ASEAN Region. World Rev. Nutr Diet., 61: 1 -40.

Khush, G.S. & Juliano, B.O. 1985. Breeding for high-yielding rices of excellent cooking and eating qualities. In Rice grain quality and marketing, p. 61-69. Manila, IRRI.

Kik, M.C. & Williams, R.R. 1945. The nutritional improvement of white rice. Nat. Acad. Sci. Bull. 112. Washington, D.C., National Research Council. 76 pp.

Kitagishi, K. & Yamane, I., eds. 1981. Heavy metal pollution in soils in Japan. Tokyo, Japan Scientific Societies Press. 302 pp.

Kondo, H., Abe, K. & Arai, S. 1989. Immunoassay of oryzacystatin occurring in rice seeds during maturation and germination. Agric. Biol. Chem., 53: 2949-2954.

Kumamaru, T., Satoh, H., Iwata, N., Omura, T., Ogawa, M. & Tanaka, K. 1988. Mutants of rice storage proteins. I. Screening of mutants for rice storage proteins of protein bodies in the starchy endosperm. Theor. Appl. Genet., 76: 11-16.

Kumar, 1. & Khush, G.S. 1987. Genetic analysis of different amylose levels in rice. Crop Sci., 27: 1167-1172.

Kumar, I., Khush, G.S. & Juliano, B.O. 1987. Genetic analysis of waxy locus in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet., 73: 481-488.

Kunze, O.R. 1985. Effect of environment and variety on milling qualities of rice. In Rice grain quality and marketing, p. 37-47. Manila, IRRI.

Kunze, O.R. & Calderwood, D.L. 1985. Rough rice drying. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ea., p. 233-263. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Lai, M.-N., Chang, W.T.H. & Luh, B.S. 1980. Rice vinegar fermentation. In B.S. Luh, ed. Rice: production and utilization, p. 690-711. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.

Levitt, M.D., Hirsch, P., Fetzer, C.A., Sheahan, M. & Levine, A.S. 1987. H₂ excretion after ingestion of complex carbohydrates. Gastroenterology, 92: 383-389.

Li, B.-J. & Lai, L.-Z. 1989. The study on the breeding of "black superior rice" by using biotechniques. Proc. 6th Int. Congr. SABRAO, p. 289-291.

- Li, C.-F. & Luh, B.S. 1980. Rice snack foods. In B.S. Luh, ed. Rice: production and utilization, p. 690-711. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.**
- Lin, T.-C., Shao, Y.-Y. & Chiang, W. 1988. Investigation of the processing and the quality of rice milk. J. Chin. Agric. Chem. Soc., 26: 130137.**
- Little, R.R., Hilder, G.B. & Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem., 35: 111126.**
- Liu, J.-X., Lu, Z.-H. & Su, Q. 1985. Regional selenium deficiency of feedstuffs in China. Sci. Agric. Sin., 1985(4): 76-79.**
- Livesey, G. 1990. The energy values of unavailable carbohydrates and diets. An enquiry and analysis. Am. J. Clin. Nutr., 51: 617-637.**
- Lopez de Romaa, G., Graham, G.G., Mellits, E.D. & MacLean, W.C. Jr. 1980. Utilization of the protein and energy of the potato by human infants. J. Nutr., 110: 18491857.**
- Lu, J.J. & Chang, T.T. 1980. Rice in its temporal and spatial perspective. In B.S. Luh, ed. Rice. production and utilization, p. 1-74. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.**
- Luh, B.S., ed. 1980. Rice: production and utilization. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co. 925 pp.**
- Luh, B.S. & Bhumiratana, A. 1980. Breakfast rice cereals and baby foods. In B.S. Luh, ed. Rice: production and utilization, p. 622649. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.**
- MacLean, W.C. Jr, Klein, G.L., Lopez de Romaa, G., Massa, E. & Graham, G.G. 1978. Protein quality of**

conventional and high-protein rice and digestibility of glutinous and nonglutinous rice by preschool children. J. Nutr., 108: 17401747.

MacLean, W.C. Jr, Lopez de Romaa, G., Klein, G.L., Massa, E., Mellits, E.D. & Graham, G.G. 1979. Digestibility and utilization of the energy and protein of wheat by infants. J. Nutr., 109: 1290-1298.

MacLean, W.C. Jr, Lopez de Romaa,, G., Placko, R.P & Graham, G.G. 1981. Protein quality and digestibility of sorghum in preschool children: balance studies and plasma free amino acid. J. Nutr., 111: 1928-1936.

MacRitchie, F., du Cros, D.L. & Wrigley, C.W. 1990. Flour polypeptides related to wheat quality. Adv. Cereal Sci. Technol., 10: 79-145.

Maneepun, S. 1987. Production and consumption of processed rice products in Thailand. In Proceedings, International Symposium Dietary Life of Rice-Eating Populations, Kyoto, 24 October 1987, p. 33-40. Kyoto, Research Institute for Product Development.

Marfo, E.K., Simpson, B.K., Idowre, J.S. & Oke, O.L. 1990. Effect of local food processing on phytate levels in cassava, cocoyam, yam, maize, sorghum, rice, cowpea and soybean. J. Agric. Food Chem., 38: 1580-1585.

Matsuda, T., Sugiyama, M., Nakamura, R. & Torii, S. 1988. Purification and properties of an allergenic protein in rice grain. Agric. Biol. Chem., 52: 14651470.

Miao, G.-H. & Tang, X.-H. 1986. Isolation, purification and the properties of rice germ lectin receptors in rice embryo and endosperm. Kexue Tongbao (Engl. transl.), 22: 15691573.

Mickus, R.R. & Luh, B.S. 1980. Rice enrichment with vitamins and amino acids. In B.S. Luh, ed. Rice: production and utilization, p. 486-500. Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.

Misaki, M. & Yasumatsu, K. 1985. Rice enrichment and fortification. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ea., p. 389-401. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Mitchell, C.R., Mitchell, P.R. & Nissenbaum, R. 1988. Nutritional rice milk production. U.S. Patent No. 4,744,992. 8 pp.

Miyoshi, H., Okuda, T., Kobayashi, N., Okuda K. & Koishi, H. 1987a. Effects of rice fiber on mineral balance in young Japanese men. Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi, 40: 165170 (in Japanese).

Miyoshi, H., Okuda, T. & Koishi, H. 1988. Effects of feeding of polished rice, brown rice and rice bran on digestibility of nutrients by growing rats. Sci. Living Annul Rep., Osaka City Univ., 36: 7-11 (in Japanese).

Miyoshi, H., Okuda, T., Oi, Y. & Koishi, H. 1986. Effect of rice fiber on fecal weight, apparent digestibility of energy, nitrogen and fat and degradation of neutral detergent fiber in young men. J. Nutr. Sci. Vitaminol., 32: 581-589.

Miyoshi, H., Okuda, T., Okuda, K. & Koishi, H. 1987b. Effect of brown rice on apparent digestibility and balance of nutrients in young men on low protein diets. J. Nutr Sci. Vitaminol., 33: 207218.

Molla, A.M., Ahmed, S.M. & Greenough, W.B. 111. 1985. Ricebased oral rehydration solution decreases the stool volume in acute diarrhea. Bull. WHO, 63: 751-756.

Morishita, T., Fumoto, N., Yoshizawa, T. & Kagawa, K. 1987. Varietal differences in cadmium levels of rice

grains of japonica, indica, javanica, and hybrid varieties produced in the same plot of a field. Soil Sci. Plant Nutr., 33: 629-637.

Moss, J. 1990. Nitrogen to protein conversion factors for ten cereals and six legumes or oilseeds. A reappraisal of its definition and determination. Variation according to species and to seed protein content. J. Agric. Food Chem., 38: 18-24

Moss, 1., Huet, J.-C. & Baudet, J. 1988. The amino acid composition of rice grain as a function of nitrogen content as compared to other cereals: a reappraisal of rice chemical scores. J. Cereal Sci., 8: 165-175.

Mossman, A.P. 1986. A review of basic concepts in rice-drying research. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 25: 49-71.

Murata, K., Kitagawa, T. & Juliano, B.O. 1978. Protein quality of high protein rice in rats. Agric. Biol. Chem., 42: 565-570.

Murugesan, G. & Bhattacharya, K.R. 1991 Basis for varietal difference in popping expansion of rice. J. Cereal Sci., 13: 71-83.

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

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

Bibliography (N-S)

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

Nicolosi, R. 1990. Unsaponifiables in rice bran oil under study. Int. News Fats Oils Rel. Mater. (INFORM) 1: 831-832, 834-835.

Nielsen, H.K., De Weck, D., Finot, P.A., Liardon, R. & Hurrell, R.F. 1985 Stability of tryptophan during food processing and storage. I. Comparative losses of tryptophan, lysine and methionine in different model systems. Br. J. Nutr., 53: 281-292

Nikuni, Z., Hizukuri, S., Kumagai, K., Hasegawa, H., Moriwaki, T., Fukui, T., Doi, K., Nara, S. & Maeda, I. 1969. The effect of temperature during the maturation period on the physico-chemical properties of potato and rice starches. Mem. Inst. Sci. Ind. Res. Osaka Univ, 26: 1-27.

Noda, K., Hirai, S. & Dambara, H. 1987 Selenium content of brown rice grown in Japan. Agric Biol. Chem., 51: 2451 -2455.

Normand, F.L., Ory, R.L. & Mod, R.R. 1981. Interactions of several bile acids with hemicelluloses from several varieties of rice J. Food Sci., 46: 1159-1161.

Normand, F.L., Ory, R.L., Mod, R.R., Saunders, R.M. & Gumbmann, M.R. 1984. Influence of rice hemicellulose and a-cellulose on lipid and water content of rice faeces and on blood lipids. J. Cereal Sci., 2: 37-42.

Obata, Y. & Tanaka, H. 1965. Studies on the photolysis of L-cysteine and Lcystine. Formation of the flavor of cooked rice from L-cysteine and Lcystine. Agric. Biol. Chem., 29: 191-195.

- Ogawa, M., Kumamaru, T., Satoh, H., Iwata, N., Omura, T., Kasai, Z. & Tanaka, K. 1987. Purification of protein body-I of rice seed and its polypeptide composition. *Plant Cell Physiol.*, 28: 1517-1527.**
- Ogawa, M., Kumamaru, T., Satoh, H., Omura, T., Park, T., Shintaku, K. & Baba, K. 1989. Mutants of rice storage proteins. 2. Isolation and characterization of protein bodies from rice mutants. *Theor. Appl. Genet.*, 78: 305-310.**
- Ogawa, M., Tanaka, K. & Kasai, Z. 1977. Note on the phytin-containing particles isolated from rice scutellum. *Cereal Chem.*, 54: 10291034**
- Ohta, H., Aibara, S., Yamashita, H., Sekiyama, F. & Morita, Y. 1990. Postharvest drying of fresh rice grain and its effects on deterioration of lipids during storage. *Agric. Biol. Chem.*, 54: 11571164.**
- Omura, T. & Satoh, H. 1984. Mutation of grain properties in rice. In S. Tsunoda & N. Takahashi, eds. *Biology of rice*, p. 293-303. Tokyo, Japan Scientific Societies Press; Amsterdam, Elsevier.**
- Ory, R.L., Bog-Hansen, T.C. & Mod, R.R. 1981. Properties of hemagglutinins in rice and other cereal grains. In R.L. Ory, ed. *Antinutrients and natural toxicants in foods*. Westport, CT, USA, Food & Nutrition Press.**
- Padua, A.B. & Juliano, B.O. 1974. Effect of parboiling on thiamin, protein and fat of rice. *J. Sci. Food Agric.*, 25: 697-701.**
- Palmiano, E.P. & Juliano, B.O. 1972. Physicochemical properties of Niigata waxy rices. *Agric. Biol. Chem.*, 36: 157159.**
- Panlasigui, L.N. 1989. Glycemic response to rice. Ph.D. dissertation, University of Toronto, Department of**

Nutritional Sciences. 171 pp.

Pedersen, B. & Eggum, B.O. 1983. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. IV. Rice. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 33: 267-278.

Pereira, S.M., Begum, A. & Juliano, B.O. 1981. Effect of high protein rice on nitrogen retention and growth of preschool children on a rice-based diet. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 31: 97-108.

Perez, C.M., Cagampang, G.B., Esmama, B.V, Monserrate, R.U. & Juliano, B.O. 1973. Protein metabolism in leaves and developing grains of rices differing in grain protein content. Plant Physiol., 51: 537-542.

Perez, C.M. & Juliano, B.O. 1988. Varietal differences in quality characteristics of rice layer cakes and fermented cakes. Cereal Chem., 65: 4043.

Perez, C.M., Juliano, B.O., Pascual, C.G. & Novenario, V.G 1987. Extracted lipids and carbohydrates during washing and boiling of milled rice. Starch, 39: 386-390.

Pillaiyar, P. 1988. Rice postproduction manual. New Delhi, Wiley Eastern Ltd. 437 pp.

Poola, 1. 1989. Rice lectin: physicochemical and carbohydrate-binding properties. Carbohydr. Polym., 10: 281 -288.

Raghuram, T.C., Brahmaji Rao, U. & Rukmini, C. 1989. Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. Nutr Rep. Int., 39: 889-895.

Rand, W.M., Uauy, R. & Scrimshaw, N.S., eds. 1984. Protein-energyrequirement studies in developing countries: results of international research. UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl., Vol. 10. 369 pp.

- Reeck, G.R., Muthukrishnan, S. & Kramer, K.J. 1990. Cereal inhibitors of insect amylases and sulfhydryl proteases. Abstracts 4th Annual Meeting, Rockefeller Foundation's International Program on Rice Biotechnology, IRRI, 9-12 May 1990. New York, Rockefeller Foundation.**
- Rehana, F., Basappa, S.C. & Sreenivasa Murthy, V. 1979. Destruction of aflatoxin in rice by different cooking methods. J. Food Sci. Technol., 16: 111112.**
- Reilly, A. 1990. Grain quality as affected by microorganisms in tropical regions. Food Lab. News, 21: 3235.**
- Resurreccin, A.P., Hara, T., Juliano, B.O. & Yoshida, S. 1977. Effect of temperature during ripening on grain quality of rice. Soil Sci. Plant Nutr, 23: 109-112.**
- Resurreccin A.P. & Juliano, B.O. 1981. Properties of poorly digestible fraction of protein bodies of cooked milled rice. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 31: 119-128.**
- Resurreccin, A.P., Juliano, B.O. & Eggum, B.O. 1978. Preparation and properties of destarched milled rice. Nutr. Rep. Int., 18: 17-25.**
- Resurreccin, A.P., Juliano, B.O. & Tanaka, Y. 1979. Nutrient content and distribution in milling fractions of rice grain. J. Sci. Food Agric., 30: 475-481.**
- Resurreccin A.P., Li, X.S., Okita, T.W. & Juliano, B.O. 1992. Characterization of poorly digested protein of cooked rice protein bodies. Cereal Chem. (in press).**
- Rivai, I.F., Koyama, H. & Suzuki, S. 1990. Cadmium content of rice and its daily intake in various countries. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 44: 910-916**

- Rivera, E.F., Aligui, G.L., Taaca, A., Juliano, B.O. & Perez, C.M. 1983. The use of "am" (rice water) among cases of acute gastroenteritis in children. Philipp. J. Pediatr., 32: 2229.**
- Robert, L.S., Thompson, R.D. & Flavell, R.B. 1989. Tissue-specific expression of a wheat high molecular weight glutenin gene in transgenic tobacco Plant Cell, 1: 569-578.**
- Roberts, R.L. 1972. Quick-cooking rice. In D F. Houston, ed. Rice chemistry and technology, p. 381-399 St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.**
- Roxas, B.V., Intengan, C.LI. & Juliano, B.O. 1975. Effect of protein content of milled rice on nitrogen retention of Filipino children fed a rice-fish diet Nutr. Rep. Int., 11: 393-398.**
- Roxas, B.V., Intengan, C.LI. & Juliano, B.O. 1976. Protein content of milled rice and nitrogen retention of preschool children fed rice-mung bean diets. Nutr. Rep. Int., 14: 203207.**
- Roxas, B.V., Intengan, C.LI. & Juliano, B.O. 1979. Protein quality of highprotein and low-protein milled rices in preschool children. J. Nutr., 109: 832-839.**
- Roxas, B.V., Intengan, C.LI. & Juliano, B.O. 1980. Effect of zinc supplementation and high-protein rice on the growth of preschool children on a rice-based diet. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 30: 213-222.**
- Roxas, B.V., Loyola, A.S. & Reyes, E.L. 1978. The effect of different degrees of rice milling on nitrogen digestibility and retention. Philipp. J. Nutr., 31: 110-113.**
- Russell, P.L., Berry, C.S. & Greenwell, P. 1989. Characterization of resistant starch from wheat and maize. J. Cereal Sci., 9: 1-15.**

- Sagara, Y. 1988. The rice surplus, and new technology for rice processing in Japan. Food Fert. Technol. Cent. Asian Pac. Reg. Ext. Bull., 273: 1127.**
- Salcedo, J. Jr, Bamba, M.D., Carrasco, E.O., Chan, G.S., Concepcion, I., Jose, F.R., de Leon, J.F., Oliveros, S.B., Pascual, C.R.,**
- Santiago, L.C. & Valenzuela, R.C. 1950. Artificial enrichment of white rice as a solution to endemic beriberi. Report of field trials in Bataan, Philippines. J. Nutr., 42: 501-523.**
- Sanchez, P.C., Juliano, B.O., Laude, V.T. & Perez, C.M. 1988. Nonwaxy rice for tapuy (rice wine) production. Cereal Chem., 65: 240-243.**
- Sanchez, P.C., Laude, V.T., Yap, A.B., & Juliano, B.O. 1989. Effect of toasting and variety on "tapuy" quality. Philipp. Agric., 72: 225-230.**
- Santiago, M.I.C., Roxas, B.V., Intengan, C.II. & Juliano, B.O. 1984. Protein and energy utilization of brown, undermilled and milled rices by preschool children. Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., 34: 15-25.**
- Satin, M. 1988. Bread without wheat. In S. Maneepun, P. Varangoon & B. Phithakpol, eds. Food science and technology in industrial development. Proceedings Foods Conference '88, Bangkok, 24-26 October 1988, Vol. 1, p. 42-47. Bangkok, Kasetsart University Institute of Food Research & Product Development.**
- Saunders, R.M. 1990. The properties of rice bran as a foodstuff. Cereal Foods World, 35: 632, 634-636.**
- Schaeffer, G.W. & Sharpe, F.T. Jr. 1983. Improved rice proteins in plants regenerated from S-AEC-resistant callus. In Proceedings of a Workshop on Cell and Tissue Culture Techniques for Cereal Crop Improvement,**

Beijing, 1981, p. 279-290. Beijing, Science Press; Manila, IRRI.

Scrimshaw, N.S. 1988. Nutrition and health-new knowledge, new challenges. In K. Yasumoto, Y. Itokawa, H. Koishi & Y. Sanno, eds. Proceedings, 5th Asian Congress Nutrition, Osaka, 26-29 October 1987, p. 6-23. Tokyo, Center for Academic Publications Japan.

Seiber, J.M., Heinrichs, E.A., Aquino, G.B., Valencia, S.L., Andrade, P. & Argente, A.M. 1978. Residues of carbofuran applied as a systematic insecticide in irrigated wetland rice -implications for insect control. IRRI Research Paper Ser. 17. Manila, IRRI. 27 pp.

Seshu, D.V., Krishnasamy, V. & Siddique, S.B. 1988. Seed vigor in rice. In Rice seed health. Proceedings of IRRI/UNDP International Workshop, IRRI, 16-20 March 1987, p. 315-329. Manila, IRRI.

Shankara, T., Ananthachar, T.K., Narasimha, V., Krishnamurthy, H. & Desikachar, H.S.R. 1984. Improvements of the traditional edge runner process for rice flake production. J. Food Sci. Technol., 21: 121122.

Sharma, R.D. & Rukmini, C. 1986. Rice bran oil and hypocholesterolemia in rats. Lipids, 21: 715-717.

Sharma, R.D. & Rukmini, C. 1987. Hypocholesterolemic activity of unsaponifiable matter of rice bran oil. Indian J. Med. Res., 85: 278-281.

Shibuya, N. 1989. Comparative studies on the cell wall polymers obtained from different parts of rice grains. In N.G. Lewis & M.G. Paice, eds. Plant cell wall polymers: biogenesis and biodegradation, Symp. No. 399, p. 333344. Washington, D.C., Am. Chem. Soc.

Siscar-Lee, J.J.H., Juliano, B.O., Qureshi, R.H. & Akbar, M. 1990. Effect of saline soil on grain quality of rices differing in salinity tolerance. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 40: 31-36.

Soni, S.K. & Sandhu, D.K. 1989. Fermentation of idli: effects of changes in raw materials and physico-chemical conditions. *J. Cereal Sci.*, 10: 227-238.

Sosulski, F.W. & Imafidon, G.I. 1990. Amino acid composition and nitrogen-to-protein conversion factors for animal and plant foods. *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1351-1356.

Souci, S.W., Fuchmann, W. & Kraut, H. 1986. Food composition and nutrition tables 1986/187, 3rd rev. ed. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH.

Sowbhagya, C.M. & Bhattacharya, K.R. 1976. Lipid autoxidation in rice. *J. Food Sci.*, 41: 1018-1023.

Srinivas, T. & Bhashyam, M.K. 1985. Effect of variety and environment on milling quality of rice. In *Rice grain quality and marketing*, p. 51-59. Manila, IRRI.

Srinivas, T. & Desikachar, H.S.R. 1973. Factors affecting the puffing quality of paddy. *J. Sci. Food Agric.*, 24: 883-891.

Srinivasa Rao, P. 1970. Studies on the nature of carbohydrate moiety in high yielding varieties of rice. *J. Nutr.*, 101: 879-884.

Srinivasa Rao, P. 1976. Nature of carbohydrates in red rice varieties. *Plant Foods Man*, 2: 69-74.

Steinkraus, K.H., ed. 1983. Handbook of indigenous fermented foods. New York, Marcel Dekker, Inc. 671 pp.

Stemmermann, G.N. & Kolonel, L.N. 1978. Talc-coated rice as a risk factor for stomach cancer. Am. J. Clin. Nutr., 31: 2017-2019.

Stucy Johnson, F.C. 1988. Utilization of American-produced rice in muffins for gluten-sensitive individuals. Home Econ. Res. J., 17: 175- 183.

Sugimoto, T., Tanaka, K. & Kasai, Z. 1986. Molecular species in the protein body II (PB-II) of developing rice endosperm. Agric. Biol. Chem., 50: 3031-3035.

Susheelamma, N.S. & Rao, M.V.L. 1979. Functional role of the arabinogalactan of black gram (Phaseolus mungo) in the texture of leavened foods (steamed puddings). J. Food Sci., 44: 1309-1312, 1316.

Suzuki, S., Tetsuka, T., Kajiwara, K. & Mitani, M 1962. Influence of several lipids on human serum cholesterol. V. Effect of rice oil. Jpn. J. Nutr., 20: 139-141 (in Japanese).

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

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

Bibliography (T-Y)

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

Taira, H., Nakagahra, M. & Nagamine, T. 1988. Fatty acid composition of indica, sinica, japonica, and

japonica groups of nonglutinous brown rice. J. Agric. Food Chem., 36: 45-47.

Taira, H., Taira, H. & Fujii, K. 1979. Influence of cropping season on lipid content and fatty acid composition of lowland nonglutinous brown rice. Nippon Sakamotsu Gakkai Kiji, 48: 371-377.

Takahashi, K., Sugimoto, T., Miura, T., Wasizu, Y. & Yoshizawa, K. 1989. Isolation and identification of red rice pigments. Nippon Jozo Kyokai Zasshi, 84: 807-812.

Takeda, Y., Hizukuri, S. & Juliano, B.O. 1987. Structures of rice amylopectin with low and high affinities for iodine. Carbohydr. Res., 168: 79-88.

Tanaka, K. & Ogawa, M. 1988. Storage protein genes and their expression control: specially focusing on the improvement of PB-I digestibility. Abstracts Annual Meeting Rockefeller Foundation Program on Rice Biotechnology, IRRI, 20-22 January 1988. Manila, IRRI.

Tanaka, K., Ogawa, M & Kasai, Z. 1977. The rice scutellum. II. A comparison of scutellar and aleurone electron-dense particles by transmission electron microscopy including energy-dispersive X-ray analysis. Cereal Chem., 54: 684-689.

Tanaka, K., Sugimoto, T., Ogawa, M. & Kasai, Z. 1980. Isolation and characterization of two types of protein bodies in the rice endosperm. Agric. Biol. Chem., 44: 1633-1639.

Tanaka, K., Yoshida, T., Asada, K. & Kasai, Z. 1973. Subcellular particles isolated from aleurone layer of rice seeds. Arch. Biochem. Biophys., 155: 136-143.

Tanaka, Y., Hayashida, S. & Hongo, M. 1975. Quantitative relation between feces protein particles and rice

protein bodies. Nippon Nogei Kagaku Kaishi, 49: 425-429.

Tanaka, Y., Resurreccin A.P., Juliano, B.O. & Bechtel, D.B 1978. Properties of whole and undigested fraction of protein bodies of milled rice. Agric. Biol. Chem., 42: 20152023.

Tanchoco, C.C., Castro, M.C.A., Alcaraz, S.A., Bassig, M.C.C., de los Santos, E. & Lana, R.D. 1990. Glycemic effects of different sources and forms of carbohydrate foods and levels of fiber Paper presented at the Food Nutr. Res. Inst. 16th Seminar Ser. Manila, 19-20July.

Tang, S.X., Khush, G.S. & Juliano, B.O. 1989. Diallel analysis of gel consistency in rice (*Oryza. sativa* L.). SABRAO J., 21: 135-142.

Tani, T. 1985. Rice processing industries in Japan. In FAO/UNDP Regional Workshop on Rice Processing Industries, Jakarta, 15-20 July, p. 88101. Bangkok FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Tanphaichitr, V. 1985. Epidemiology and clinical assessment of vitamin deficiencies in Thai children. In R.E. Eeckels, O. Ransome-Kuti & C.C. Kroonenberg, eds. Child health in the tropics, p. 151 - 166. Dordrecht, the Netherlands, M. Nijhoff Publishers.

Toenniessen, G.H. & Herdt, R.W. 1989. The Rockefeller Foundation's international program on rice biotechnology. In J.I. Cohen, ed. Strengthening collaboration in biotechnology. international agricultural research and the private sector, p. 291 317. Washington, D.C., US Agency for International Development, Bureau for Science and Technology.

Tontisirin, K., Ajmanwra, N. & Valyasevi, A. 1984. Long-term study on the adequacy of usual Thai weaning food for young children. UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl., 10: 265-285.

- Tontisirin, K., Sirichakawal, P.P. & Valyasevi, A. 1981. Protein requirements of adult Thai males. UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl., 5: 88-97.**
- Topping, D.L., Hlman, R.J., Roach, PD., Trimble, R.P., Kambouris, A. & Nestel, P.J. 1990. Modulation of the hypolipidemic effect of fish oils by dietary fiber in fats: studies with rice and wheat bran. J. Nutr., 120: 325-330.**
- Torn, B., Young, V. R. & Rand, W. R., eds. 1981. Protein-energy requirements of developing countries: evaluation of new data. UN Univ. Food Nutr. Bull. Suppl., Vol. 5. 268 pp.**
- Tribelhorn, R.E., O'Deen, L.A., Harper, J.M. & Fellers, D.A. 1986. Investigation on extrusion for ORT samples. Boulder, CO, USA, Colorado State University Research Foundation. 70 pp.**
- Trowell, H. 1987. Diabetes mellitus and rice-a hypothesis. Human Nutr., Food Sci. Nutr., 41F: 145-152.**
- Tsai, S.T., Chwang, L.C., Doong, T.I. & Mu, H.L. 1990. Glycemic response of rice and rice products in NIDDM. In Program and abstracts, Asian Symposium on Rice and Nutrition, Taipei, 22-23 June 1990, p. 54. Taipei, Taipei Dietitians Association.**
- Tsugita, T. 1986. Aroma of cooked rice. Food Rev. Int., 1: 497-520.**
- Tsutsumi, C. & Shimomura, C. 1978. Changes of the contents of mineral elements and protein by milling and washing with water. Shokuhin Sogo Kenkyusho Kenkyu Hokoku, 33: 1217.**
- Tulpule, P.G., Nagarajan, V. & Bhat, R.V. 1982. Environment causes of food contamination. Environment India Review - Series 1. New Delhi, Government of India, Department of Environment.**

UNICEF. 1991. State of the world's children. New York, UNICEF.

United Nations. 1987. First report on the world nutrition situation. Rome, FAO Administrative Committee on Coordination, Subcommittee on Nutrition.

Unnevehr, L.J., Juliano, B.O., Perez, C.M. & Marciano, E.B. 1985. Consumer demand for rice grain quality in Thailand, Indonesia, and the Philippines. IRRI Research Paper Ser. 116. Manila, IRRI. 20 pp.

Unnevehr, L.J. & Stanford, M.L. 1985. Technology and the demand for women's labour in Asian rice farming. In Women in rice farming, p. 1-20. Aldershot, Hants., UK, Gower Publishing Co. Ltd. van Ruiten, H.T.L. 1985. Rice milling: an overview. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ea., p. 349-388. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

Vasanthi, S. & Bhat, R.V. 1990. Aflatoxins in stored rice. Int. Rice Res. Newsl., 15(1): 39-40.

Ventura, B. 1977. Rice bran utilization in the prevention and treatment of dental decay (caries). In Proceedings. Rice Byproducts Utilization International Conference, Valencia, 1974, Vol. 4, Rice bran utilization: food and feed, p. 215-218. Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos.

Vijayagopal, P. & Kurup, P.A. 1972. Hypolipidaemic activity of whole paddy in rats fed a high-fat high cholesterol diet. Isolation of an active fraction from the husk and bran. Atherosclerosis, 15: 215-222.

Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1987. Varietal differences in quality characteristics of puffed rice. Cereal Chem., 64: 337-342.

Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1989a. Variability in contents of thiamine and riboflavin in brown rice crude

oil in brown rice and bran-polish and silicon in hull of IR rices. Plant Foods Hum. Nutr., 39: 287-297.

Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1989h. Comparative level of waxy gene product of endosperm starch granules of different rice ecotypes. Starch, 41: 369-371.

Villareal, C.P., Juliano, B.O. & Sauphanor, B. 1990. Grain quality of rices grown in irrigated and upland cultures. Plant Foods Hum. Nutr., 40: 3747.

Villareal, C.P., Maranville, J.W. & Juliano B.O. 1991. Nutrient content and retention during milling of brown rices from the International Rice Research Institute. Cereal Chem., 68: 437-439.

Villareal, R.M. & Juliano, B.O. 1978. Properties of glutelin from mature and developing rice grain. Phytochemistry, 17: 177- 182.

Wang, H.-H. 1980. Fermented rice products. In B.S. Luh, ed. Rice production and utilization, p. 650-689. Westport, CT, USA AVI Publishing Co.

Watanabe, M., Miyakawa, J., Ikezawa, Z., Suzuki, Y., Hirao, T., Yoshizawa, T. & Arai, S. 1990a. Production of hypoallergenic rice by enzymatic decomposition of constituent proteins. J. Food Sci., 55: 781-783.

Watanabe, M., Yoshizawa, T., Miyakawa, J., Ikezawa, Z., Abe, K., Yanagesawa, T. & Arai, S. 1990b. Quality improvement and evaluation of hypoallergenic rice grains. J. Food Sci., 55: 1105-1107.

Watt, B.K. & Merrill, A.L. 1963. Composition of foods. Agric. Handbook S. Washington, D.C., US Dept. Agric. Consumer and Food Economics Res. Div. 190 pp.

WHO. 1985. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation

WHO Tech. Rep. Ser. 724. Geneva WHO. 206 pp.

Williams, R.R. 1956. Williams Waterman Fund for the Comba of Dietary Disease. A history of a period 1935 through 1955. New York, Research Corporation.12

Wolever, T.M.S., Jenkins, D Kalmusky, J., Jenkins, cholesterol diet. Isolation of an active fraction from the husk and bran. Atherosclerosis, 15: 215-222.

Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1987. Varietal differences in quality characteristics of puffed rice. Cereal Chem., 64: 337-342.

Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1989a. Variability in contents of thiamine and riboflavin in brown rice, crude oil in brown rice and bran-polish, and silicon in hull of IR rices. Plant Foods Hum. Nutr., 39: 287-297.

Villareal, C.P. & Juliano, B.O. 1989b. Comparative level of waxy gene product of endosperm starch granules of different rice ecotypes. Starch, 41: 369-371.

Villareal, C.P., Juliano, B.O. & Sauphanor, B. 1990. Grain quality of rices grown in irrigated and upland cultures. Plant Foods Hum. Nutr., 40: 37-47.

Villareal, C.P., Maranville, J.W. & Juliano, B.O. 1991. Nutrient content and retention during milling of brown rices from the International Rice Research Institute. Cereal Chem., 68: 437-439.

Villareal, R.M. & Juliano, B.O. 1978. Properties of glutelin from mature and developing rice grain. Phytochemistry, 17: 177-182.

Wang, H.-H. 1980. Fermented rice products. In B.S. Luh, ed. Rice: production and utilization, p. 650689.

Westport, CT, USA, AVI Publishing Co.

Watanabe, M., Miyakawa, J., Ikezawa, Z., Suzuki, Y., Hirao, T., Yoshizawa, T. & Arai, S. 1990a. Production of hypoallergenic rice by enzymatic decomposition of constituent proteins. J. Food Sci., 55: 781 -783.

Watanabe, M., Yoshizawa, T., Miyakawa, J., Ikezawa, Z., Abe, K., Yanagesawa, T. & Arai, S. 1990b. Quality improvement and evaluation of hypoallergenic rice grains. J. Food Sci., 55: 1105-1107.

Watt, B.K. & Merrill, A.L. 1963. Composition of foods. Agric. Handbook 8. Washington, D.C., US Dept. Agric. Consumer and Food Economics Res. Div. 190 pp.

WHO. 1985. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. WHO Tech. Rep. Ser. 724. Geneva, WHO. 206 pp.

Williams, R.R. 1956. Williams Waterman Fund for the Combat of Dietary Diseases. A history of the period 1935 through 1955. New York, Research Corporation. 120 pp.

Wolever, T.M.S., Jenkins, D.J.A., Kalmusky, J., Jenkins, A., Giordano, C., Guidici, S., Josse, R.G. & Wong, G.S. 1986. Comparison of regular and parboiled rices: explanation of discrepancies between reported glycemic responses to rice. Nutr. Res., 6: 349-357.

Wong, H.B. 1981. Rice water in treatment of infantile gastroenteritis. Lancet, (2): 102- 103.

Yamagata, H., Sugimoto, T., Tanaka, K. & Kasai, Z. 1982. Biosynthesis of storage proteins in developing rice seeds. Plant Physiol., 70: 1094-1100.

Yap, A.B., Ilag, L.L., Juliano, B.O. & Perez, C.M. 1987. Soaking in *Aspergillus parasiticus*-inoculated water

and aflatoxin in parboiled rice. Hum. Nutr: Food Sci. Nutr., 41F: 225-229.

Yap, A.B., Perez, C.M. & Juliano, B.O. 1990. Artificial yellowing of rice at 60C. In J.O. Naewbanij, ed. Advances in grain postharvest technology generation and utilization. Proceedings 11th ASEAN Technical Seminar on Grain Postharvest Technology, Kuala Lumpur, 23-26 August 1988, p. 3-20. Bangkok, ASEAN Crops Postharvest Programme.

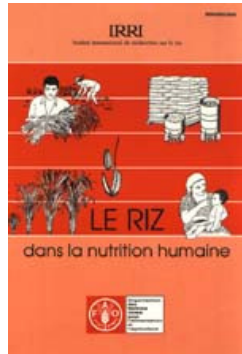
Yokoo, M. 1990. Producing new rice (Super-rice program). Farming Jpn., 24(1): 29-40.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Baos, Laguna, the Philippines, IRRI.

Yoshizawa, K. & Kishi, S. 1985. Rice in brewing. In B.O. Juliano, ed. Rice chemistry and technology, 2nd ea., p. 619-645. St Paul, MN, USA, Am. Assoc. Cereal Chem.

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

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



Le riz dans la nutrition humaine

[Table des matières](#) (184 p.)

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
Rome, 1994

Préparé en collaboration avec la FAO par

Bienvenido O. Juliano

Unité de la biochimie

Division de la sélection, de la génétique et de la biochimie des végétaux

Institut international de recherches sur le riz

PUBLIÉ AVEC LA COLLABORATION DE L'INSTITUT INTERNATIONAL DE RECHERCHES SUR LE RIZ

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Catalogage avant publication de la Bibliothèque David Lubin

Juliano, B.O.

Le riz dans la nutrition humaine

(Collection FAO: Alimentation et nutrition n° 26)

ISBN 92-5-203149-9

1. Riz

2. Nutrition humaine

I. Titre

II. Série

III. FAO, Rome (Italie)

IV. Institut international de recherches sur le riz.

Los Baños, Laguna (Philippines)

Code FAO: 80

AGRIS: S01

© FAO 1994

Droits d'auteur

La reproduction totale ou partielle, sur support numérique ou sur papier, de cet ouvrage pour usage personnel ou pédagogique est autorisée par la présente, sans frais ou sans qu'il soit nécessaire d'en faire une demande officielle, à condition que ces reproductions ne soient pas faites ou distribuées pour en tirer un bénéfice ou avantage commercial et que cet avis et la citation complète apparaissent à la première page des dites reproductions. Les droits d'auteur pour les éléments de cet ouvrage qui sont la

propriété de personnes physiques ou morales autres que la FAO doivent être respectés. Toute autre forme de reproduction, de republication, d'affichage sur serveurs électroniques et de redistribution à des listes d'abonnés doit faire l'objet d'une permission préalable expresse et/ou du paiement de certains frais.

Adresser les demandes d'autorisation à publier à:

Le rédacteur en chef

FAO, Via delle Terme di Caracalla

00100 Rome, Italy

adresse e-mail: copyright@fao.org

Table des matières (184 p.)

[Préface](#)

[Chapitre 1 - Introduction](#)

[Origine et extension du riz](#)

[Comparaison de la production mondiale de riz avec celle des autres céréales](#)

[Méthodes de production du riz](#)

[Moisson](#)

[Utilisation de la main-d'œuvre](#)

[Coûts de production](#)

[Variétés modernes à haut rendement](#)

[Unités d'exploitation](#)

[Le commerce du riz](#)

[Ravageurs et maladies](#)

[Conclusion](#)

[Chapitre 2 - La consommation de riz et les problèmes nutritionnels dans les pays consommateurs de riz](#)

[Problèmes nutritionnels dans les pays consommateurs de riz](#)

[Chapitre 3 - 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](#)

[Chapitre 4 - Valeur nutritionnelle du riz et des régimes alimentaires à base de riz](#)

[Composition en nutriments et qualité protéique du riz par rapport à d'autres céréales](#)

[Protéines du riz usiné](#)

[Riz à forte teneur en protéines](#)

[Indice glycémique, digestibilité de l'amidon et amidon résistant](#)

[Autres propriétés](#)

[Effet hypocholestérolémique du son de riz](#)

[Facteurs antinutritionnels](#)

[Besoins en protéines des enfants d'âge préscolaire et des adultes ayant un régime alimentaire à base de riz](#)

[Utilisation des protéines, de l'énergie et des minéraux dans le riz cargo, le riz usiné et les régimes à base de riz](#)

[Chapitre 5 - Traitement du riz après la moisson, étuvage et préparation à domicile](#)

[Emmagasinage](#)

[Étuvage](#)

[Traitement](#)

[Pertes postérieures à la moisson](#)

[Préparation et cuisson à domicile](#)

[Chapitre 6 - Principaux produits transformés à base de riz](#)

[Riz précuit et riz à cuisson rapide](#)

[Pâtes alimentaires](#)

[Gâteaux de riz, gâteaux de riz fermenté et puddings](#)

[Produits à base de riz expansé \(gonflé, éclaté à la chaleur\)](#)

[Produits de boulangerie à base de riz](#)

[Riz en conserve](#)

[Produits fermentés à base de riz](#)

[Farine et amidon de riz](#)

[Son de riz et huile de son de riz](#)

[Types de riz préférés pour les produits à base de riz](#)

[Effet du traitement sur la valeur nutritionnelle](#)

[Enrichissement](#)

[Chapitre 7 - Défis et perspectives](#)

[Faire face à l'expansion démographique](#)

[Considérations écologiques](#)

[Augmentation du potentiel de rendement](#)

[Biotechnologie du riz](#)

[Mutants d'amidon](#)

[Mutants de protéines](#)

[Autres mutants](#)

[Bibliographie](#)

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

Préface

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

Le riz a été traditionnellement la denrée alimentaire de base et la source principale de revenus pour des millions de personnes, et il restera un élément primordial dans la vie des générations futures. Dans bien

des pays, les efforts de développement sont centrés essentiellement sur le riz afin de couvrir les besoins alimentaires sur le plan intérieur. Dans les pays en développement d'Asie; le riz est un article important dans le commerce international.

La FAO a inauguré sa collection d'études sur la nutrition avec Rice and rice diets: a nutrition survey. Depuis la publication de cet ouvrage en 1948, notre connaissance des propriétés du riz et des régimes alimentaires à base de riz a beaucoup progressé. Par ailleurs, on a enregistré une augmentation énorme de la production de riz et un perfectionnement croissant des techniques de transformation. Ce nouvel ouvrage sur le riz et la nutrition a été rédigé en réponse à la nécessité de fournir des informations complètes et techniques reflétant ces transformations considérables.

La présente édition a une portée très large et elle est riche en détails. Les pratiques de riziculture y sont examinées ainsi que les schémas de consommation du riz. Certains problèmes nutritionnels parfois soulevés par les régimes alimentaires à base de riz sont décrits, et des précisions très complètes sur la valeur nutritionnelle du riz sont fournies. L'ouvrage traite des caractéristiques du riz et des qualités qui influent sur sa consommation et son commerce, ainsi que des techniques de traitement et de préparation du riz. Il examine l'avenir de la production rizicole dans le contexte des préoccupations que suscitent l'expansion démographique et la protection de l'environnement. Enfin, l'ouvrage contient une bibliographie abondante.

Le riz dans la nutrition humaine a été rédigé à l'intention d'un large éventail de lecteurs travaillant dans l'administration, les universités et l'industrie. Il constitue une source générale d'informations sur la plupart des aspects de la production, du traitement, du commerce et de la consommation du riz. Nous espérons que cet ouvrage, ainsi que les informations commerciales complémentaires sur le riz publiées par la FAO, répondra d'une manière satisfaisante aux questions posées par de nombreux lecteurs au sujet de cet aliment important et contribuera aux activités de développement et de formation dans tous les

pays.

John R. Lupien

Directeur

Division des politiques alimentaires et de la nutrition

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

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

Chapitre 1 - Introduction

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

[Origine et extension du riz](#)

[Comparaison de la production mondiale de riz avec celle des autres céréales](#)

[Méthodes de production du riz](#)

[Moisson](#)

[Utilisation de la main-d'œuvre](#)

[Coûts de production](#)

[Variétés modernes à haut rendement](#)

[Unités d'exploitation](#)

[Le commerce du riz](#)

[Ravageurs et maladies](#)

Conclusion

Le riz (*Oryza sativa* L.) est la culture céréalière la plus importante dans le monde en développement et il constitue la denrée alimentaire de base de plus de la moitié de la population du globe. Le riz est généralement considéré comme une graminée annuelle semi-aquatique. Une vingtaine d'espèces du genre *Oryza* ont été identifiées, mais la presque totalité du riz cultivé est de l'espèce *Oryza sativa* L. En Afrique, on cultive de petites quantités de *Oryza glaberrima*, qui est une espèce pérenne. La plante dite riz sauvage (*Zizania aquatica*), cultivée dans la région des Grands lacs aux Etats-Unis, est apparentée plus étroitement à l'avoine qu'au riz.

En raison de son long passé de culture et de sélection dans des milieux très divers, *O. sativa* a acquis un large éventail d'adaptabilité et de tolérance, si bien qu'il peut être cultivé dans des conditions d'eau et de sol très diverses, depuis les terres fortement inondées jusqu'aux coteaux arides (Lu et Chang, 1980). En Asie, on a sélectionné et cultivé des cultivars qui tolèrent la submersion par les eaux de crue (IRRI, 1975) (figure 1) et une forte salinité, qui résistent à la toxicité de l'aluminium et qui tolèrent les températures fraîches au stade de la plantule ou du mûrissement (Chang, 1983). En Afrique, on a mis au point des cultivars qui tolèrent la toxicité du fer et les contraintes thermiques. Le riz est aujourd'hui cultivé dans plus de 100 pays sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique, depuis le 50e degré de latitude nord jusqu'au 40e degré de latitude sud et depuis le niveau de la mer jusqu'à une altitude de 3 000 m.

Origine et extension du riz

On ne connaît pas encore définitivement le site géographique de l'origine de la domestication du riz. Il

est généralement admis que la domestication du riz s'est faite d'une manière indépendante en Chine, en Inde et en Indonésie, d'où trois races de riz: sinica (appelé aussi japonica), indica et javanica (appelé aussi bulu en Indonésie). Certains indices donnent à penser que le riz était cultivé en Inde entre 1500 et 2000 avant J.-C. et en Indonésie vers 1648 avant J.-C. Des découvertes archéologiques ont révélé que le riz tropical ou indica était cultivé à Ho-mu-tu, dans la province de Chekiang, en Chine, il y a au moins 7 000 ans (Chang, 1983). On a récemment découvert des vestiges de riz tempéré ou sinica (japonica) du même âge à Lou-jia-jiao, également dans la province de Chekiang

FIGURE 1 - Les terres à riz du monde classées en fonction du régime des eaux et du type de riz prédominant

(Chang, 1985). Le riz a été rapidement dispersé à partir de ses habitats tropicaux (Asie du Sud et du Sud-Est) et subtropicaux (Chine du Sud-Ouest et du Sud) vers des altitudes et latitudes beaucoup plus élevées en Asie, même aussi récemment qu'il y a 2 300 ans dans le cas du Japon (Chang, 1983). Il a été introduit dans des lieux aussi éloignés que l'Afrique de l'Ouest, l'Amérique du Nord et l'Australie au cours des six derniers siècles. La culture du riz s'est fermement établie en Caroline du Sud, aux États-Unis, vers 1690 (Adair, 1972). Le riz était cultivé en Europe - Portugal et Espagne - à partir du 8e siècle, et dès le 9e ou 10e siècle en Italie méridionale (Lu et Chang, 1980).

Comparaison de la production mondiale de riz avec celle des autres céréales

Le tableau 1 indique la production mondiale de céréales pour l'année 1989. Environ 95 pour cent du riz dans le monde sont produits dans les pays en développement, dont 92 pour cent en Asie. Par contre, environ 42 pour cent seulement du blé produit sont cultivés dans les pays en développement. Le tableau 2 indique la production de riz, les exportations et les importations, et donne une estimation des

surfaces irriguées dans les principaux pays producteurs de riz. En 1988, la Chine était le principal producteur de riz (35 pour cent), suivie de l'Inde (22 pour cent), de l'Indonésie (8,5 pour cent), du Bangladesh (4,7 pour cent), de la Thaïlande (4,3 pour cent) et du Viet Nam (3,4 pour cent). Parmi les principaux producteurs de riz, seuls le Pakistan, les Etats-Unis et l'Egypte pratiquaient uniquement la riziculture irriguée (IRRI, 1991 a). La riziculture sans irrigation prédomine dans de nombreux pays, tels que la Thaïlande et le Brésil.

Parmi les céréales, la production du riz est celle qui utilise la plus forte proportion de terres. Sur les 147,5 millions d'ha de terres consacrées à la riziculture dans le monde entier en 1989, les pays en développement représentaient 141,4 millions d'ha, soit 96 pour cent. L'Asie représente 90 pour cent des terres cultivées en riz dans le monde; dans cette région, 132,1 millions d'ha sont consacrés à cette culture (FAO, 1990a).

Dans diverses régions du monde, en 1989, le rendement moyen des cultures céréalières était plus bas dans les pays en développement que dans les pays développés (FAO, 1990a) (tableau 3). Le rendement du paddy était le plus élevé en Océanie, notamment en Australie; puis venaient l'Europe, l'Amérique du Nord et 17 Amérique centrale. Le rendement était le plus bas en Afrique et en Amérique du Sud.

[TABLEAU 1 - Production annuelle de cultures céréalières et production totale de tubercules, racines et légumineuses, par région, 1989 \(millions de tonnes\)](#)

TABLEAU 2 - Production de paddy, et importations et exportations de riz en 1988; estimation de la surface rizicole irriguée en 1987

Région ou pays	Production	Importations	Exportations	Superficie
----------------	------------	--------------	--------------	------------

	de paddy (milliers de tonnes)	de riz (milliers de tonnes)	de riz (milliers de tonnes)	irriguée (% de surface rizicole)
Monde	492 137	11 408	12 185	53
Asie	449 252	5 309	8 099	
Arabie saoudite	-	363	-	-
Bangladesh	23 097	674	-	19
Chine	173 515	314	802	93
Corée, Rép. de	8 260	1	1	99
Corée, Rép. pop. dém. de	5 400	-	200	67
Hong-Kong	-	364	12	-
Inde	106 385	684	350	44
Indonésie	41 676	33	-	81
Iraq	141	603	-	-
Japon	12419	16	-	99
Malaisie	1 783	284	5	54
Myanmar	13 164	-	64	18
Pakistan	4 800	-	1 210	100

Philippines	8 971	119	-	58
Singapour	-	213	3	-
Sri Lanka	2 477	194	-	77
Thaïlande	21263	-	5267	27
Viet Nam	17 000	176	97	46
Amerique du Nord et Amerique centrale	9 509	699	2 261	
Etats-Unis	7 253	0	2 260	100
Afrique	9 785	2 589	87	
Egypte	2 132	-	71	100
Madagascar	2 149	37	0	31
Nigeria	1	400 200	0	16
Amerique du Sud	17 741	255	467	
Bresil	11806	108	26	18
Europe	2 211	1 827	950	
Italie	1 093	95	510	
Australie	784	231	297	
URSS	2 866	498	22	

Sur la base du riz usiné. Le coefficient de transformation du paddy en riz usiné est de 0,7. Sources: FAO, 1990a; IRRI, 1991a.

TABLEAU 3 - Rendement moyen des cultures céréalières par région, 1989 (tonnes/hectare)

Région	Blé	Paddy	Mais	Sorgho	Millet	Orge	Seigle	Avoine	Total de céréales
Afrique	1,47	1,95	1,77	0,81	0,65	1,12	0,13	0,21	1,22
Amerique du Nord et Amérique centrale	2,10	5,09	5,92	3,37	1,20	2,52	1,79	1,83	3,65
Amérique du Sud	1,90	2,50	2,10	2,23	1,11	1,71	1,02	1,45	2,09
Asie	2,32	3,56	2,90	1,04	0,77	1,41	1,44	1,51	2,71
Europe	4,60	5,35	4,96	3,74	1,22	4,04	3,03	2,89	4,26
Océanie	1,59	7,40	4,93	1,86	0,89	1,80	0,54	1,48	1,69
URSS	1,94	3,90	3,72	1,22	1,48	1,76	1,87	1,56	1,90
Monde	2,40	3,48	3,66	1,35	0,78	2,31	2,14	1,79	2,66
Pays développés	2,53	5,86	6,05	3,17	1,46	2,60	2,18	1,83	3,10
Pays en développement	2,24	3,40	2,31	1,08	0,72	1,32	1,40	1,36	2,37

Source: FAO, 1990a.

TABLEAU 4 - Comparaison du rendement en grains, du rendement en énergie alimentaire et du rendement en protéines des céréales, d'après la teneur en énergie et en protéines et le coefficient de transformation (taux d'extraction)

Quand on ajustait les rendements des diverses céréales en utilisant des coefficients de transformation basés sur les taux d'extraction on remarquait que, de toutes les céréales, c'est le riz qui avait le rendement alimentaire le plus élevé (tableau 4). Les rendements en énergie alimentaire étaient peu près proportionnés aux rendements alimentaires puisque la teneur en énergie est la même pour toutes les céréales. En revanche, le rendement en protéines alimentaires était plus élevé pour la farine blanche de froment que pour le riz usiné, parce que la farine de blé a une plus forte teneur en protéines que le riz usiné.

Méthodes de production du riz

Riz irrigué

L'analyse des méthodes de production du riz révèle que les pratiques sont très variables, depuis les très primitives jusqu'aux fortement mécanisées (De Datta, 1981; Luh, 1980; Yoshida, 1981). Les tracteurs et les motoculteurs à deux roues sont les machines agricoles les plus importantes utilisées en riziculture (Barker, Herdt et Rose, 1985). En 1980, le nombre des charrues utilisées pour 1 000 ha variait de 0,1-26 en Asie tropicale à 56 en Chine, 73 dans la province chinoise de Taiwan, 198 en République de Corée et 1 158 au Japon. En Asie, les animaux (buffle et buffle aquatique, carabao) sont encore utilisés pour le labourage et le hersage. La préparation des terres peut être effectuée quand le sol est sec ou humide, selon l'approvisionnement en eau. Pour le riz irrigué, le sol est préparé à l'état humide, la

boue étant piétinée en Asie; toutefois, le piétinage n'est pas pratiqué de façon générale en Amérique, en Europe et en Afrique. Dans les régions dépourvues de semelle de labour, c'est-à-dire où les animaux et les tracteurs s'enfoncent dans la boue, le sol est préparé au moyen de houes manuelles. Que la terre soit préparée à l'état humide ou sec, l'eau est toujours retenue dans les rizières de bas-fonds par des diguettes.

La majeure partie du riz irrigué est repiquée, encore que le semis en place soit de plus en plus pratiqué. Les graines sont prégermées et cultivées en couches humides pendant 9 à 14 jours, 20 à 25 ou 40 à 50 jours après le semis, puis les plantules sont repiquées à la main ou au moyen de repiqueuses mécaniques. Le nombre de plantules par poquet peut varier de un à huit. Pour le semis en place, les graines prégermées sont semées à la main à la volée en Asie ou semées sur l'eau par avion aux Etats-Unis ou en Australie. Les graines peuvent aussi être mises en place par forage mécanique sur le sol piétiné ou par forage sur le sol sec. Le riz cultivé en eau profonde est le plus souvent semé sec, mais il fait occasionnellement l'objet d'un repiquage simple ou double.

Pour bien faire, l'eau doit être conservée dans la rizière afin d'éviter les plantes adventices à l'époque de la croissance. Le désherbage manuel et les sarcloirs mécaniques ou rotatifs sont couramment utilisés. Les herbicides sont également économiques et efficaces. La fertilisation est normalement pratiquée pour accroître le rendement, surtout avec les variétés modernes semi-naines ou haut rendement qui répondent bien aux engrais sans verser. On utilise aussi bien les engrais minéraux que les engrais organiques, y compris les engrais verts, tels que la légumineuse arbustive *Sesbania* spp. et les plantes aquatiques *Azolla* et *Anabaena* spp. Avec les variétés modernes de riz, le rendement en grains augmente de 6 kg par kilogramme d'engrais appliqué pendant la saison des pluies et de 9 kg par kilogramme d'engrais appliqué pendant la saison sèche. La quantité totale de nutriments fertilisants utilisés varie de 10-100 kg/ha en Asie tropicale à 200-350 kg/ha au Japon, dans la

province chinoise de Taiwan et en République de Corée (Barker, Herdt et Rose, 1985).

TABLEAU 5 - Superficie cultivée, rendement et production de paddy dans 37 des principaux pays en développement producteurs de riz, par écosystème, 1985

Ecosystème	Superficie		Rendement (t/ha)	Production	
	(hectares)	(%)		(tonnes)	(%)
Culture irriguée	67	49	4,7	313	72
Riziculture pluviale de bas-fond	40	29	2,1	84	19
Riz de montagne	18	13	1,1	21	5
Eau profonde/riz aquatique d'étranger	13	9	1,5	19	4
Total	138	100	3,2	437	100

Moyenne pondérée.

Source: IRRI, 1989.

Autres écosystèmes rizicoles

Le riz pluvial de bas-fond est cultivé sur sol pigné dans des champs entourés de diguettes qui peuvent retenir l'eau jusqu'à une profondeur allant de 0-25 cm (eau peu profonde) à 25-50 cm (profondeur moyenne), ces profondeurs n'étant que rarement dépassées (Huke et Huke, 1990). Ces

rizières ne reçoivent pas d'eau d'irrigation et partent de détournements de cours d'eau, de réservoirs ou de puits profonds mais sont alimentées par la pluie ou par le ruissellement et partent d'un bassin local de réception. Les conditions climatiques et pédologiques prévalant dans les régions de riziculture pluviale en eau peu profonde sont extrêmement variables. Pour le riz pluvial de bas-fond cultivé en eau profonde (50-100 cm) on ne peut pas utiliser les variétés modernes semi-naines. L'utilisation d'engrais est faible, l'établissement de plantations difficile, la lutte contre les ravageurs presque impossible et les rendements sont médiocres. Le riz pluvial de bas fond occupe par ordre d'importance le second rang après le riz irrigué pour ce qui est de la surface récoltée et de la production (tableau 5).

Le riz de montagne (ou riz de plateau) est cultivé dans des rizières sans levées, la terre étant préparée et ensemencée et sec et l'humidité fournie par la pluie (Huke et Huke, 1990). Au Brésil, on cultive surtout du riz de montagne. En Inde et dans toute l'Asie du Sud-Est, le riz sec est cultivé couramment sur les rives des fleuves quand les eaux se retirent à la fin de la saison des pluies. Le sol est généralement très lourd et la croissance est assurée uniquement par l'humidité résiduelle. Cette riziculture sèche va de la culture itinérante sur brûlis après défrichement de zones forestières montagneuses jusqu'aux opérations mécanisées de grande envergure. Entre ces deux extrêmes, la culture sèche du riz est pratiquée par des centaines de milliers d'agriculteurs sur les pentes des coteaux qui subissent une grave érosion et de fréquentes sécheresses. Cette culture sur les coteaux est pratiquée par les riziculteurs les plus pauvres, et les dégâts écologiques qu'elle provoque sont extrêmement graves. En Asie du Sud et du Sud-Est, la culture sèche est pratiquée sur quelque 13 pour cent de la superficie totale cultivée en riz, mais dans certains pays d'Afrique et d'Amérique latine la culture sèche dépasse 50 pour cent de la surface totale consacrée au riz. C'est ce riz de montagne qui fournit les rendements les plus bas (tableau 5).

Avec la riziculture en eau profonde, la profondeur de l'eau est d'au moins 1 m pendant une partie

importante de l'époque de croissance. Dans une grande partie du Bangladesh ainsi que dans certaines régions des deltas du Mékong et du Chao Praya, la profondeur de l'eau peut dépasser 5 m, mais dans les autres régions elle se situe normalement entre 1 et 3 m (Huke et Huke, 1990). Dans les régions où le niveau de l'eau monte rapidement après le début de la mousson, le riz est couramment semé dans la volée dans des champs non piétinés, qui ne sont que rarement bordés de diguettes. Les variétés plantées sont à haute tige et feuillues, avec peu de talles. Elles ont une sensibilité photopériodique et mûrissent uniquement après la saison des pluies. Elles peuvent s'allonger et flotter à mesure que s'élève le niveau de l'eau. Au cours des deux dernières décennies, de grands projets de barrages et d'hydraulique fluviale ont transformé de nombreuses régions, naguère de riziculture en eau profonde, en rizières de culture pluviale ou irriguée au Bangladesh, en Inde, en Thaïlande et au Viet Nam méridional.

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

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

Moisson

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

Le riz tropical est habituellement moissonné avec au moins 20 pour cent d'humidité une trentaine de jours après la moitié de la floraison, lorsque les grains donneront un résultat optimal pour le rendement total et le rendement en riz entier. La teneur en humidité au moment de la moisson est plus faible pendant la saison sèche que pendant la saison des pluies en raison de la dessiccation de la plante intacte

par le soleil. La période effective de production de matière sèche ne dépasse guère 14 à 18 jours, après quoi le grain subit une dessiccation.

Pour la moisson, on coupe la tige, on sèche les grains au soleil puis on procède au battage, soit à la main en frappant les épis sur une plate-forme à fentes en bambou, soit en faisant piétiner le riz par des animaux ou des hommes, soit en utilisant des batteuses mécaniques. Les moissonneuses batteuses sont utilisées sur les grandes superficies, comme le domaine de Muda en Malaisie ou aux Etats-Unis, en Australie, en Europe et en Amérique latine.

Le séchage au soleil jusqu'à obtention d'une humidité de 14 pour cent est couramment pratiqué, mais il est peu fiable pendant la saison des pluies. De nombreux séchoirs mécaniques ont été conçus, mais ils n'ont pas connu beaucoup de succès auprès des cultivateurs et des industriels. Le paddy séché est vanné pour éliminer la balle soit avec un tarare manuel, soit avec un tarare en bois actionné à la main.

Utilisation de la main-d'œuvre

Les riziculteurs d'Asie qui cultivent les variétés modernes utilisent une main-d'œuvre plus abondante que ceux qui cultivent les variétés traditionnelles (Barker, Herdt et Rose, 1985). L'apport de la main-d'œuvre familiale et de la main-d'œuvre salariée est très variable selon les régions.

Les diverses étapes de la riziculture sont la sélection des semences, le semis en couches et la préparation du sol, le repiquage, le sarclage, la fertilisation, la lutte contre les ravageurs, la moisson, le battage, le séchage et la commercialisation. Huke et Huke (1990) estiment que les besoins en main-d'œuvre pour 1 ha de riziculture peu intensive en culture pluviale, utilisant des semences améliorées de IR36 et 50 kg d'urée comme engrais, sont d'environ 84 jours/ha et 14 jours/ha avec un rendement de 2,5 tonnes de paddy. Le rendement de 2,5 tonnes avec moisson à la faucille et battage manuel contre une grume

nécessitera au moins 22 jours/homme. Par contre, l'apport de main-d'œuvre pour la riziculture californienne de haute technologie est d'environ 40 jours/homme pour 350 ha (Herdt, 1986).

TABLEAU 6 - Coût de production d'une tonne de paddy, 1987-1989 (dollars des Etats-Unis)

Pays	Riz irrigué	Riz de montagne	Riz de culture pluviale
Argentine	870	-	-
Colombie	204	-	194
Corée, Rép. de	939	-	-
Equateur	441	196	295
Etats-Unis	481	-	-
Inde	-	-	303
Indonésie	82	141	104
Italie	543	-	-
Japon	3 676	-	-

Népal	96	-	108
Philippines	124	-	-
Portugal	376	-	-
Thaïlande	98	-	-

Source: FAO. 1991.

Huke et Huke (1990) ont calculé que le rendement énergétique de la riziculture peu intensive en un lieu bien déterminé aux Philippines était de 12 calories pour chaque calorie dépensée. Avec un apport de moyen à élevé, le rapport était de 7 à 8 calories par calorie dépensée.

Alors que les femmes représentent de 25 à 70 pour cent de la main-d'œuvre dans la riziculture asiatique, leur rôle n'a pas été bien reconnu jusqu'à présent et le développement technologique ne répond pas à leurs besoins (Feldstein et Poats, 1990). Elles participent à la production de riz et à la production connexe, à la commercialisation et aux activités de transformation. Il est désormais largement admis que les femmes sont souvent actives dans la production agricole et qu'elles représentent, tout comme les hommes, des usagers et bénéficiaires potentiels de la technologie nouvelle. L'analyse selon le sexe est maintenant intégrée dans les projets de recherche, la priorité étant accordée aux technologies qui réduisent le fardeau supporté par les femmes rurales sans déplacer leur capacité de production de revenus. Ces technologies portent notamment sur la lutte contre les ravageurs, la gestion des semences et l'utilisation et le traitement du riz après la récolte (Unnevehr et Stanford, 1985).

Couts de production

En 1987-1989 le coût total pour produire une tonne de paddy en culture irriguée, culture de montagne et culture pluviale est comparé au tableau 6. Le coût total à l'hectare et le rendement en grains étaient les plus élevés pour le riz irrigué et les plus bas pour le riz de montagne.

Variétés modernes à haut rendement

Dans les années 50, la croissance de la production de riz dans la plupart des pays d'Asie était due à l'extension des superficies plantées, mais dans les années 60 et 70 l'augmentation du rendement a joué un rôle plus important (Barker, Herdt et Rose, 1985). Les facteurs qui y ont contribué étaient l'introduction de variétés semi-naines et un apport d'engrais plus élevé.

Les variétés semi-naines mises au point à l'Institut international de recherches sur le riz (IRRI) sont d'un type végétal qui contraste avec celui des variétés traditionnelles à haute tige et à forte sensibilité photopériodique. Elles ont un feuillage à port érigé et beaucoup de talles, et sont peu sensibles au photopériodisme. Leur structure leur permet d'absorber les nutriments sans verser et elle laisse pénétrer la lumière solaire à travers le feuillage. La durée de la croissance est plus brève chez les variétés modernes, soit une centaine de jours à partir des semailles, ce qui permet d'obtenir trois récoltes par an. Avec peu de facteurs de production, leur rendement est comparable à celui des variétés traditionnelles. Dans tous les cas, cependant, les variétés modernes donnent de meilleurs résultats que les variétés traditionnelles, sous réserve d'un apport accru d'énergie, d'insecticides et d'engrais.

Dès 1981-1984, les variétés modernes occupaient 13 pour cent de la superficie totale des rizières en Thaïlande, 34 pour cent en République de Corée, 25 pour cent en Chine, 25 pour cent au Bangladesh, 36

pour cent au Népal, 54 pour cent en Malaisie, 46 pour cent au Pakistan, 49 pour cent au Myanmar, 54 pour cent en Inde, 82 pour cent en Indonésie, 85 pour cent aux Philippines et 87 pour cent à Sri Lanka (Dalrymple, 1986). Le faible taux d'adoption en Thaïlande est dû au fait que ce pays a besoin de variétés à grains longs (longueur du grain de riz cargo supérieure à 7 mm) pour l'exportation. A l'heure actuelle, plus de 60 pour cent des rizières dans le monde sont plantés en variétés de type amélioré.

Les nouvelles variétés modernes n'ont pas un potentiel de rendement meilleur que celui de la première variété moderne - le riz IR8 -, mais elles résistent mieux aux insectes nuisibles et aux maladies, et tolèrent davantage les contraintes écologiques. Toutefois, leurs résistances accrues sont des caractéristiques à gène unique que les ravageurs parviennent à vaincre en quelques années. On a pu vérifier que, dans certains cas de retour en force d'insectes, l'épandage d'insecticide avait eu pour effet d'accroître la population d'insectes au lieu de la réduire (Chelliah et Heinrichs, 1984). D'autres approches de résistance horizontale ou à lignées multiples sont jugées nécessaires car on assiste à une rapide diminution de la résistance à la delphacide brune par suite de l'apparition de nouveaux biotypes d'insectes. Chez le riz cultivé *O. sativa*, on n'a identifié aucune source de résistance à la maladie due au virus tungro. Par contre, des sources de résistance ont été identifiées chez des espèces sauvages et elles sont introduites chez *O. sativa* au moyen de larges croisements.

Unités d'exploitation

La superficie moyenne de l'exploitation rizicole est inférieure à 1 ha au Bangladesh, au Japon, en République de Corée et à Sri Lanka; elle dépasse 1 ha en Indonésie et au Népal; et d'environ 2 ha en Malaisie, au Pakistan et aux Philippines et elle est d'environ 3 ha en Thaïlande (IRRI, 1991a). Les modes de faire-valoir les plus répandus sont le métayage et le bail fixe (Barker, Herdt et Rose, 1985). Le métayage est largement pratiqué au Bangladesh, en Inde, au Pakistan et en Indonésie. Des systèmes à bail fixe

existent dans tous les pays de la région, mais ils sont moins courants que le métayage. A l'occasion de la réforme agraire en Chine, en République populaire démocratique de Corée, au Viet Nam et au Myanmar, les terres ont été expropriées par le gouvernement et intégrées dans le domaine public. Au Japon et dans la province chinoise de Taiwan, les anciens locataires ont été assimilés à des propriétaires. Aux Philippines, la réforme agraire de 1972 en faveur des locataires à bail fixe a été rapidement mise en œuvre, mais le transfert de la propriété des terres ne s'est effectué que lentement.

Le commerce du riz

Environ 4 pour cent de la production mondiale de riz entre dans le commerce international. En 1988, les principaux exportateurs étaient la Thaïlande, les Etats-Unis et le Pakistan, tandis que les principaux importateurs étaient l'Iraq, l'URSS, Hong-Kong, l'Arabie saoudite, la Malaisie, Singapour, Sri Lanka, le Nigéria, le Bangladesh et le Brésil (FAO, 1990a, tableau 2). Le Viet Nam est devenu troisième exportateur de riz dans le monde en 1989 avec 1,38 million de tonnes de riz usiné (IRRI, 1991a).

Ravageurs et maladies

Les ravageurs et les maladies posent de graves problèmes dans les régions tropicales, en particulier avec la monoculture du riz, puisque les hôtes sont continuellement présents dans l'environnement. Les rongeurs, les oiseaux et les mollusques réduisent tous les rendements du riz. Les principaux insectes nuisibles sont la chenille mineuse de la tige et la cicadelle verte du riz, qui est le vecteur du virus tungro, ainsi que la delphacide brune qui provoque le brunissement. On a cherché à combattre les insectes en sélectionnant des variétés accusant une meilleure résistance aux ravageurs. La lutte intégrée connaît un regain de faveur en raison du problème du retour en force des insectes par suite de l'emploi excessif d'insecticides.

Les principales maladies des plants de riz en Asie tropicale sont encore le champignon de la pyriculariose et la flétrissure bactérienne des feuilles.

La lutte contre le champignon de la pyriculariose est difficile parce qu'il en existe plusieurs races. Cette brunissure du riz pose un problème particulier avec le riz de montagne. La principale maladie virale est le tungro, transmis par la cicadelle verte du riz. Les problèmes majeurs en Amérique latine sont le charançon du riz et la virose **hoja blanca, et en Afrique le virus de la bigarrure jaune et l'acalyptère.**

L'incorporation d'une résistance dans les variétés de riz est compliquée par la présence de nombreuses races de certaines maladies, par exemple la pyriculariose, et par l'existence de plusieurs biotypes chez les ravageurs, comme c'est le cas pour la delphacide brune du riz.

Conclusion

Les fortes augmentations de la production dans les années 60 et 70 ont été enregistrées dans les régions irriguées et dans les zones de bas-fonds propices à la riziculture pluviale, où les variétés semi-naines à courte période de croissance pouvaient exprimer leur fort potentiel de rendement. Dans bien des pays, le rendement moyen du riz irrigué n'est encore que d'environ 3 à 5 tonnes à l'hectare, mais certains agriculteurs peuvent obtenir le double. Les terres irriguées représentent actuellement à peu près la moitié de la surface totale cultivée, mais elles fournissent plus des deux tiers de la production totale et l'on s'attend qu'elles continuent de dominer le secteur (tableau 5). Les environnements moins favorables (bas-fonds peu favorables de culture pluviale, montagne, culture en eau profonde et zone humide d'estran) produisent de 20 à 25 pour cent du riz mondial. Ces écosystèmes rizicoles doivent assurer la subsistance de cultivateurs et de consommateurs qui, jusqu'à présent, n'ont guère profité des perfectionnements modernes de la technologie du riz.

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

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

Chapitre 2 - La consommation de riz et les problèmes nutritionnels dans les pays consommateurs de riz

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

[Problèmes nutritionnels dans les pays consommateurs de riz](#)

Le riz est la denrée alimentaire de base dans 39 pays, mais la dépendance à l'égard du riz pour l'énergie alimentaire est beaucoup plus forte en Asie que dans les autres régions (FAO, 1984) (tableau 7). En Asie du Sud et du Sud-Est, la dépendance énergétique à l'égard du riz est plus forte que pour n'importe quelle autre denrée de base dans d'autres régions. D'autre part, c'est en Asie du Sud qu'on enregistre l'apport énergétique le plus faible. En Asie, le riz fournit de 35 à 59 pour cent de l'énergie consommée par 2,7 milliards de personnes (FAO, 1984). En moyenne, 8 pour cent de l'énergie alimentaire proviennent du riz pour 1 milliard de personnes en Afrique et en Amérique latine. D'après les statistiques de la FAO pour 1987- 1989, les disponibilités de riz usiné par personne dans différents pays d'Asie représentaient de 19 à plus de 76 pour cent de la fourniture totale d'énergie alimentaire (tableau 8). Cette fourchette équivaut à des disponibilités de riz usiné variant de 40 à 161 kg par personne et par an.

Les bilans de disponibilités alimentaires de la FAO pour 1979-1981 indiquent que la contribution protéique du riz au régime alimentaire était de 69,2 pour cent en Asie du Sud et de 51,4 pour cent en Asie du Sud-Est (FAO, 1984) (tableau 7). Ces pourcentages dépassent la contribution de n'importe quelle autre protéine céréalière dans n'importe quelle région du monde.

A l'exception des pays d'Asie où les revenus sont les plus élevés, la consommation de riz par habitant est demeurée stable ou a augmenté de façon modérée au cours des 30 dernières années. La consommation totale continue d'augmenter, de pair avec l'expansion démographique et l'accroissement des revenus. L'approvisionnement en riz, le revenu individuel et les disponibilités et le prix des denrées de remplacement sont les principaux déterminants de la diversité dans les régimes alimentaires asiatiques, y compris la qualité du riz consommé. Toutefois, le facteur qui influe le plus sur la demande reste l'augmentation incessante de la population, notamment dans les pays les plus pauvres, où le riz constitue l'élément le plus important du régime (Huang, 1987).

[TABLEAU 7 - Contribution en énergie et en protéines au régime alimentaire dans les régions en développement, par produit, 1979-1981](#)

[TABLEAU 7 \(fin\)](#)

TABLEAU 8 Disponibilités de riz usiné par habitant et contribution du riz à l'énergie et aux protéines alimentaires dans certains pays consommateurs de riz

Pays	Disponibilités de ru usiné (kg/habitant/an)	Contribution du riz en pourcentage	
		Energie	Protéines

Bangladesh	142	73	63
Belize	25	9	7
Braz il	41	16	14
Bron zi	94	36	23
Cambodge	173	80	71
Chine	104	38	27
Colombie	36	25	13
Comores	78	42	37
Cor de , R ep. de	98	38	25
Cor de , R ep. pop. d om. de	125	48	29
C ote d'Ivoire	63	23	22
Gambie	98	40	32
Guin ee	59	28	26
Guin ee -Bissau	116	48	45
Guyana	86	33	29
Hong-Kong	59	21	12
Inde	68	31	24
Indon sie	140	59	49

Japon	64	25	14
Libéria	110	43	49
Madagascar	111	53	50
Malaisie	84	31	26
Maldives	60	26	14
Maurice	71	26	16
Myanmar	187	76	68
Népal	94	44	35
Papouasie-Nouvelle-Guinée	39	1 6	14
Philippines	92	40	31
République dominicaine	44	1 9	1 8
Seychelles	68	30	21
Sierra Leone	89	44	41
Singapour	58	1 9	1 2
Sri Lanka	92	42	39
Suriname	103	35	30
Thaïlande	132	58	48

Vanuatu	43	17	12
Viet Nam	147	68	62

Source: FAO (Division de la statistique). moyenne 1987-1989 sauf pour la Chine dont la moyenne est celle de 1 984 1 986.

Dans chaque pays, la consommation de riz est plus forte en milieu rural que dans les zones urbaines. S'il est exact que l'élasticité-revenu du riz diminuera sans aucun doute mesure qu'augmenteront les revenus, seuls le Japon, la Malaisie, Singapour, la province chinoise de Taiwan et la Thaïlande ont des niveaux de revenus qui justifient des estimations négatives de l'élasticité-revenu du riz (Huang, David et Duff, 1991) (tableau 9). Cependant, la population et la consommation de riz dans ces cinq pays représentent moins de 10 pour cent du total pour l'Asie. Par conséquent, dans la plupart des pays d'Asie, le riz n'est pas un aliment inférieur, et il est probable que l'élasticité-revenu du riz restera positive pendant toute la décennie des années 90.

[TABLEAU 9 - Indicateurs clés des pays en développement d'Asie, rendement en paddy et élasticité-revenu du riz](#)

[TABLEAU 9 \(fin\)](#)

Problèmes nutritionnels dans les pays consommateurs de riz

La situation nutritionnelle dans les pays consommateurs de riz varie beaucoup en fonction de tout un réseau de facteurs interdépendants touchant les conditions socio-économiques, le développement, le milieu culturel, l'environnement et le régime alimentaire. Quelle que soit la région, la plupart des

Économies tributaires du riz ont un taux de croissance démographique élevé, une riziculture faible rendement (à l'exception de la Chine, de la Corée et de l'Indonésie) et un produit national brut peu élevé (IRRI, 1989) (tableau 9). Les parcelles cultivées sont de faible superficie, le pourcentage de la population économiquement active est bas et les taux d'alphabétisation sont variables en Asie tropicale (Banque asiatique de développement, 1989) (tableau 9).

La malnutrition n'est pas un simple problème de disponibilités alimentaires; c'est aussi un problème de revenus et de distribution des aliments et des revenus (Flinn et Unnevehr, 1984). Du fait que le riz est une importante source de revenus dans les régions rurales d'Asie et aussi un élément clé des dépenses privées, l'accroissement de la productivité peut réduire la malnutrition en augmentant les revenus des catégories les plus pauvres parmi les producteurs de riz, et en augmentant les disponibilités de riz et la stabilité des prix du riz.

Les problèmes nutritionnels que connaissent les pays consommateurs de riz sont résumés ci-après. Étant donné que 90 pour cent du riz sont produits et consommés par des populations de l'Asie du Sud-Est, la description est biaisée en faveur de cette région et, parmi les pays de la région, il est question tout particulièrement de ceux où une carence déterminée est largement répandue.

Parmi les principaux problèmes nutritionnels qui se posent dans les pays consommateurs de riz, le plus important est un apport alimentaire insuffisant et déséquilibré. Associés à d'autres facteurs défavorables, il conduit à une prévalence très répandue de malnutrition protéino-énergétique (MPE), d'anémie nutritionnelle, en particulier d'anémie ferriprive, d'avitaminose A et de troubles dus à une carence en iode (Chong, 1979; Scrimshaw, 1988; Khor, Tee et Kandiah, 1990). En outre, une carence du régime alimentaire en thiamine, riboflavine, calcium, vitamine C et zinc est répandue dans de nombreuses régions, mais souvent elle ne se manifeste pas sous la forme d'un syndrome clinique patent.

Ces problèmes nutritionnels n'ont aucune relation directe de cause à effet avec la consommation de riz, mais ils reflètent l'impact global de plusieurs conditions analogues à celles que l'on rencontre dans d'autres pays en développement où le riz n'est pas une denrée alimentaire de base.

Disponibilités et apport alimentaire

Les données relatives aux disponibilités alimentaires et aux nutriments proviennent de deux sources: les bilans de disponibilités alimentaires de la FAO, et les enquêtes sur la nutrition et les études spéciales sur la consommation alimentaire.

Les données provenant des bilans de disponibilités alimentaires fournissent des estimations des disponibilités d'aliments et de nutriments par personne, compte tenu de la production alimentaire, des importations, des exportations, des utilisations non alimentaires, des aliments transformés et des pertes au niveau du détail. Une comparaison de l'absorption quotidienne de nutriments dans les pays développés et dans les pays en développement (FAO, 1990c) (tableau 10) a révélé que c'est en Extrême-Orient qu'on enregistre les plus faibles disponibilités de matières grasses, rétinol, thiamine, riboflavine et acide ascorbique. Les données individuelles concernant les pays consommateurs de riz (tableau 11) montrent que, outre l'énergie alimentaire, de nombreux pays consommateurs de riz ont des niveaux peu satisfaisants de matières grasses, calcium, fer, riboflavine et acide ascorbique. Si l'on tient compte des pertes au niveau des ménages, y compris la perte à la cuisson, la situation du point de vue de l'offre se révèle encore plus précaire.

[TABLEAU 10 - Comparaison de l'offre quotidienne de nutriments par habitant dans les pays en développement et dans les pays développés, 1986-1988](#)

[TABLEAU 11 - Offre quotidienne de nutriments par habitant dans 36 pays où le riz est la denrée](#)

[alimentaire de base](#)[TABLEAU 11 \(fin\)](#)

Les données issues des enquêtes sur la nutrition sont souvent fragmentaires et ne portent pas sur tous les pays. Même quand les données sont disponibles, il se peut qu'elles ne soient pas toujours représentatives et elles sont souvent périmées. Le tableau 12 contient des exemples de données disponibles sur la consommation moyenne d'énergie et de protéines dans certains pays. Dans l'ensemble, cette consommation est très peu satisfaisante, sauf en Chine et Maurice, quand on la compare avec les disponibilités de ces nutriments (tableau 11). Il semble y avoir un grand écart entre les disponibilités d'aliments et la consommation réelle, ce qui indique une influence non négligeable de facteurs liés à l'accès aux aliments et à leur utilisation. Cependant, ces valeurs d'apport révèlent nettement l'éventualité d'une prévalence très répandue de malnutrition protéino-énergétique chez les jeunes enfants. Les études sur la consommation de groupes particuliers, tels que les jeunes enfants et les femmes enceintes, indiquent également que leur régime alimentaire est faible en énergie, protéines, vitamine A, fer, riboflavine et calcium.

TABLEAU 12 - Apport moyen quotidien d'énergie et de protéines dans certains pays consommateurs de riz

Pays	Année de collecte des données	Apport d'énergie (kcal/personne/jour)	Apport de protéines(g/personne/jour)
Bangladesh	1980/81	1 943	48.0
Chine	1982	2 485	67,0

Colombie	1981	2 223	55,3
Cote d'Ivoire	1979	2 140	55,7
Guyana	1976	2 054	55,5
Indonésie	1980	1 800	43,0
Madagascar	1962	2 223	55,3
Maurice	1983	3 043	79,4
Népal	1985	2 440	66,0
Philippines	1987	1 753	49,7
Sri Lanka	1980/81	2 030	49,9
Viet Nam	1988	2 142	59,1

Source: FAO. profils de pays ci enquêtes nutritionnelles nationales.

Etat nutritionnel général

Le tableau 13 contient des informations sur quelques indicateurs importants de l'état nutritionnel global dans 34 pays consommateurs de riz (UNICEF, 1991). Il indique clairement que, dans la plupart de ces pays, le pourcentage d'enfants accusant une insuffisance pondérale à la naissance, la mortalité infantile et la mortalité chez les enfants de moins de 5 ans sont élevés et que la prévalence d'une insuffisance modérée ou prononcée du poids chez les enfants atteint des niveaux encore plus alarmants. L'espérance de vie est également faible. La moitié environ de la population d'Asie du Sud et d'Afrique

subsaharienne reçoit une quantité insuffisante d'énergie pour mener une vie active de travailleur. Quelque 470 millions de mal-nourris vivent en Asie du Sud. Toutes ces données reflètent le mauvais état nutritionnel de la population.

[TABLEAU 13 - Indicateurs nutritionnels pour certains pays consommateurs de riz](#)

[TABLEAU 13 \(fin\)](#)

Malnutrition protéino-énergétique

La malnutrition protéino-énergétique (MPE) est encore largement répandue dans beaucoup de pays consommateurs de riz. Les pays en développement à bas revenu sont le plus gravement atteints. La MPE se manifeste par un retard de croissance chez les enfants d'âge préscolaire. Par exemple, des enquêtes nutritionnelles ont révélé une prévalence de 71 pour cent et de 17 pour cent de l'insuffisance pondérale de modérée à grave chez les enfants d'âge préscolaire, respectivement au Bangladesh et aux Philippines. Dans bon nombre d'autres pays consommateurs de riz - notamment Inde, Laos, Madagascar, le Népal, la Sierra Leone, Sri Lanka et Viet Nam -, la MPE est l'un des principaux facteurs qui contribuent directement ou indirectement à une mortalité élevée chez les enfants de moins de cinq ans.

Avitaminose A

L'avitaminose A est très répandue chez les populations des pays d'Asie tropicale où l'on consomme du riz (DeMaeyer, 1986). Les pays le plus gravement atteints sont le Bangladesh, l'Inde, l'Indonésie, le Myanmar, le Népal, les Philippines, Sri Lanka et le Viet Nam. L'avitaminose A pose aussi un problème dans le nord-est du Brésil.

Bien qu'il soit difficile de déterminer le nombre exact des cas nouveaux d'avitaminose A et de xérophtalmie qui se manifestent chaque année dans le monde entier, les données disponibles en Indonésie indiquent un taux annuel de 2,7 pour 1 000 enfants, ce qui conduit à estimer à 63 000 le nombre annuel des cas nouveaux dans ce pays. Si l'on applique un taux analogue au Bangladesh, à l'Inde et aux Philippines, environ 400 000 enfants d'âge préscolaire risquent dans ces pays de souffrir de lésions actives de la cornée, qui aboutissent à une cécité totale ou partielle. On a en outre estimé que, dans le monde, quelque 3 millions d'enfants âgés de moins de 10 ans, dont environ 1 million en Inde, sont actuellement atteints de cécité pour cette raison. En outre, d'innombrables enfants qui ne présentent pas de symptômes de xérophtalmie souffrent de carence en vitamine A, état associé à une réduction de la résistance aux maladies infectieuses et à un accroissement de la mortalité et de la morbidité.

Anémies d'origine nutritionnelle

Les anémies d'origine nutritionnelle, qui sont principalement dues à des carences en fer, sont très répandues dans les pays consommateurs de riz. Elles ont pour cause un faible apport alimentaire de fer, une faible disponibilité biologique de fer dans la nourriture (Hallberg et al., 1977), des pertes de sang dues aux parasites intestinaux, en particulier l'ankylostome, et la non-satisfaction de la demande supplémentaire associée à la croissance rapide et à la grossesse.

Il y a anémie lorsque le taux d'hémoglobine est inférieur à un taux déterminé recommandé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en fonction de l'âge, du sexe et de l'état physiologique du sujet (les ajustements nécessaires étant faits pour les altitudes élevées). D'après une estimation de l'OMS pour 1980 (DeMaeyer et Adiels-Tegman, 1985), sur une population mondiale de 4,4 milliards d'habitants, environ 1,3 milliard de personnes souffraient d'anémie, dont 1,2 milliard habitant des pays en développement. Les jeunes enfants et les femmes enceintes sont le plus touchés : à l'échelle

mondiale, la prévalence est estimée à 43 pour cent et 51 pour cent, respectivement, pour ces deux groupes; viennent ensuite les enfants d'âge scolaire (37 pour cent), les femmes en âge d'avoir des enfants (35 pour cent) et les adultes de sexe masculin (17 pour cent).

En ce qui concerne les pays en développement, le taux global le plus élevé d'anémie est observé en Asie du Sud et en Afrique. Le taux d'anémie en Asie du Sud est estimé à 56 pour cent pour les enfants de moins de cinq ans, 50 pour cent pour les enfants de cinq à douze ans, 32 pour cent chez les hommes et 58 pour cent chez les femmes âgées de 15 à 59 ans (DeMaeyer et Adiels-Tegman, 1985). Un taux plus élevé (65 pour cent) est notifié pour les femmes enceintes; les taux indiqués pour l'Asie orientale, Chine non comprise, sont légèrement plus bas.

On ne dispose pas d'estimations de l'anémie due à une carence en folate et en vitamine B12, mais on a signalé que cette anémie était particulièrement répandue en Inde. Les tableaux de l'apport alimentaire donnent à penser qu'il existe un risque accru dans certaines parties de l'Asie du Sud-Est, mais les données sont insuffisantes pour le confirmer.

L'anémie est une cause importante de mortalité maternelle associée à l'accouchement. En outre, chez les adultes, elle entraîne une réduction de la capacité de travail et a été liée à une déficience immunitaire et à une moindre résistance à l'infection. D'autre part, l'anémie bénigne peut avoir une incidence très marquée sur les fonctions psychiques et sur le développement des facultés cognitives.

Troubles dus à une carence en iode

La prévalence des troubles dus à une carence en iode (TCI) est très forte chez de nombreuses populations consommatrices de riz, en particulier dans les régions montagneuses du Brésil, de la Chine, de l'Inde, l'Indonésie et de la Malaisie, où la teneur du sol, de l'eau et des aliments en iode est

généralement faible (Chong, 1979; Khor, Tee et Kandiah, 1990). Cette prévalence est également forte au Bangladesh du fait que les crues fréquentes éliminent l'iode du sol par lessivage. On a estimé qu'environ 800 millions de personnes dans le monde entier sont menacées de TCI (Nations Unies, 1987). Près du quart des personnes exposées au risque ont le goitre, et l'on estime plus de 3 millions le nombre de celles qui manifestent un crétinisme patent. La majorité des personnes à risque se trouve en Asie, dont 300 millions en Chine et 200 millions en Inde.

Dans les régions à très forte carence en iode le goitre peut atteindre plus de 50 pour cent de la population, et le taux de crétinisme peut varier de 1 à 5 pour cent. De plus, 25 pour cent de la population peuvent souffrir d'une déficience mesurable des fonctions mentales et motrices. Dans certaines régions reculées de l'Himalaya, on a enregistré une prévalence de troubles dus à une carence en iode de 30 pour cent.

L'iode est indispensable pour assurer la croissance et le développement normaux du fœtus, ainsi que des activités physiques et mentales normales chez les adultes. Hormis les signes visibles de TCI, les populations accusant une carence en iode peuvent souffrir de diverses séquelles, dont une diminution des fonctions mentales, une léthargie généralisée et une augmentation de la mortalité et de la mortalité infantile.

Carence en thiamine et en riboflavine

La carence en thiamine et en riboflavine existe encore dans de nombreuses régions d'Asie. Le beribéri est une maladie caractéristique des communautés consommatrices de riz, surtout si l'on consomme du riz poli. On ne le voit que rarement chez les communautés où le riz est consommé à l'état étuvé ou semi-blanchi. Le problème a été aggravé par le remplacement du décorticage manuel au pilon par l'usinage mécanique dans les zones rurales (Chong, 1979). C'est en Extrême-Orient que les

disponibilités de thiamine et de riboflavine dans le régime alimentaire sont les plus basses (FAO, 1990c) (tableau 10).

Les résultats d'études cliniques et expérimentales donnent à penser que le développement des manifestations du béribéri nécessite un apport de thiamine de moins de 0,2 mg pour 1000 kcal. Des signes biochimiques peuvent être présents avec un apport de 0,3 mg pour 1000 kcal.

Le béribéri a eu tendance à disparaître au cours des années, à mesure que les conditions économiques s'amélioreraient et que le régime alimentaire devenait plus varié. La prévalence des cas cliniques de béribéri visible chez les adultes a diminué mais dans de nombreux endroits on constate des cas sporadiques de béribéri chez les enfants nourris au sein. Ainsi, dans plusieurs régions rurales de la Thaïlande, les mères allaitantes qui ne mangent que du riz salé après l'accouchement avec très peu d'aliments nutritifs ont une forte propension à la carence en thiamine; leur lait a une faible teneur en thiamine, ce qui prédispose au béribéri les enfants nourris au sein.

D'autre part, la perlèche, un signe clinique souvent attribué à une carence en riboflavine, est aussi fréquemment observée chez les jeunes enfants, les femmes enceintes et les mères allaitantes parmi les populations consommatrices de riz du Bangladesh, de l'Inde et de la Thaïlande. Dans les villages thaïlandais, il a été signalé que la carence en riboflavine coexistait avec une carence en thiamine (Tanphaichitr, 1985).

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

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

Chapitre 3 - Structure du grain, composition et critères de qualité pour le consommateur

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

[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 pericارpe, 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 aleurone, l'albumen proprement dit tant composé de la couche subaleurone et de la substance interne amyloacée. La couche d'aleurone recouvre l'embryon. La pigmentation se limite au pericارpe (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: pericارpe, 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

globoïdes 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 composés. 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 composés y sont de plus petite taille que dans l'albumen interne. Les granules d'amidon sont des polyédres; 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 de 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 schématisé de divers corps protéiques et granules d'amidon composés 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 chauffés, 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 chauffés; 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 pericارpe, 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 d'étergentes 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 14 pour cent d'humidité](#)

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

[TABLEAU 16 - Teneur en acides aminés du paddy et de ses fractions d'usinage 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 (Resurreccion, 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 lié par 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 de 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 1700 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 et 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 et 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 dénommés 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 de l'ammoniac puis un titrage ou un dosage calorimétrique de 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 à 0,25) (Moss, Huet et Baudet, 1988; Moss, 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 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 amylopectines 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 amylopectine liée aux granules avec une masse moléculaire d'environ 60 kilodaltons (kd) (Villareal et Juliano, 1 989b).

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 formés 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), exprimé 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 amylics 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 amyliques 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 amyliques

Les polyosides non amyliques 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 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 cuit 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	Variétés
Récolte	+	+	+ (Durée de la croissance, photopériodisme, degré de mûrissement, dormance)
Battage	+	+	+ (Aptitude au battage, grenage)
Séchage	+	+	+ (Résistance aux fêlures)
Jaunissement	+	+	0
Emmagasinage/ vieillessement	+	+	+ (Le riz gluant vieillit moins que le riz non gluant)
Etuvage	+	+	+ (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	+ (Déterminés par des facteurs génétiques)
Degré d'usage (blanchiment)	+	+	+ (Profondeur des stries)
Riz entier	+	+	+ (Résistance aux fêlures)
Translucidité	+	+	+
Arome	+	+	+
Matières sèches	+	+	0
Durée de conservation	+	+	0
Cuisson et consommation			
Teneur en amylose	+	0	+ (Expansion volumétrique et texture)
Température de gelatinisation	+	0	+ (Durée de cuisson)
Consistance du gel	+	0	+ (Dureté du riz cuit)
Texture du riz cuit	+	+	+
Allongement du grain	+	+	+

↕+, qualit↕ affect↕e: 0, aucun effet.

Source: Juliano et Duff, 1989.

Il a ↕t↕ not↕ qu'en C↕te d'Ivoire, la culture pluviale avait un effet variable sur la teneur en prot↕ines des huit vari↕t↕s de riz qui y ↕taient cultiv↕es. Cinq vari↕t↕s accusaient une teneur plus faible du riz usin↕ en prot↕ines et deux une teneur plus forte avec la culture pluviale (Villareal, Juliano et Sauphanor, 1990). Au Pendjab (Pakistan), sur les quatre vari↕t↕s accusant des degr↕s de tol↕rance diff↕rents ↕ l'↕gard de la salinit↕, la teneur en prot↕ines du riz cargo ↕tait plus ↕lev↕e avec un sol salin chez trois d'entre elles, mais chez la quatri↕me la salinit↕ n'avait aucun effet sur la teneur en prot↕ines (Siscar-Lee et al., 1990). La carence du sol en soufre r↕duit le rendement du grain mais n'exerce aucun effet ind↕sirable sur la teneur des prot↕ines du riz en cyst↕ine et en m↕thionine (Juliano et al., 1987).

A mesure que la dur↕e de la croissance augmente, la teneur du riz cargo en prot↕ines diminue (IRRI, 1988b). Par contre, on n'observait pas toujours une corr↕lation n↕gative significative entre le rendement et la teneur du riz cargo en prot↕ines.

La teneur du grain en min↕raux est affect↕e par la teneur du sol et de l'eau d'irrigation en min↕raux. Par exemple, la forte teneur en cadmium de certains riz japonais, due ↕ la pollution de l'eau d'irrigation par des r↕sidus de mines, s'est r↕v↕l↕e nocive (Kitagishi et Yamane, 1981).

[Table des mati↕res](#) - [Pr↕c↕dente](#) - [Suivante](#)

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

Qualité du grain

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

Critères pour les consommateurs

Quand les disponibilités de riz sur le marché augmentent, le consommateur demande davantage du riz de qualité supérieure. Bien que l'évaluation organoleptique effectuée par des laboratoires et des groupements de consommateurs donne une certaine indication des critères importants pour la qualité du riz, elle ne reflète pas les propriétés pour lesquelles les consommateurs sont disposés à payer un supplément dans les magasins de détail. En identifiant clairement les qualités appréciées par les consommateurs, les sélectionneurs peuvent choisir pour cibles de leurs travaux d'amélioration les attributs qui sont économiquement viables. Les résultats pourraient fournir aux spécialistes des sciences sociales un ordre du jour pour les travaux des pouvoirs publics portant sur la commercialisation du riz, l'évaluation de la technologie et la fixation des priorités en matière de recherche.

La qualité du grain de riz traduit différentes propriétés pour divers groupes après récolte (Juliano et Duff, 1989). Bien que la variété de riz soit le principal facteur qui contribue à la qualité du grain, une manutention satisfaisante après récolte peut maintenir celle-ci, voire l'améliorer (tableau 19). La teneur en humidité est le critère de qualité le plus important pour le paddy. Le cultivateur entend par qualité du grain la qualité de la semence pour la plantation et la qualité du grain sec pour la consommation, avec un minimum d'humidité, de détérioration microbienne et de décomposition. L'usineur-négociant recherche une faible humidité, une intégrité variétale et un rendement élevé pour le riz total et le riz usiné. La qualité commerciale est principalement déterminée par les propriétés physiques et l'appellation de la variété, tandis que la qualité à la cuisson et à la consommation est déterminée par les propriétés physico-

chimiques, en particulier la teneur apparente en amylose. Dans les pays où la température varie nettement pendant la période de maturation, des différences appréciables de qualité du grain ont été signalées pour une même variété. En Asie tropicale, les propriétés physico-chimiques du grain sont relativement constantes. La valeur nutritionnelle est principalement déterminée par la teneur du riz usiné en protéines.



Les principaux résultats de la recherche sur les aspects économiques de la qualité du grain effectuée de 1987 à 1989 par l'IRRI et par des programmes nationaux de recherche sur le riz en Indonésie, au Bangladesh, en Malaisie, aux Philippines et en Thaïlande sont que la qualité du grain de riz et les préférences en matière de qualité varient selon les pays et les régions, mais que certaines préférences du point de vue de la qualité sont largement partagées (IRRI et CRDI, 1991). Dans tous les pays étudiés, les consommateurs préfèrent un rendement plus élevé du riz entier et des grains plus translucides. Les consommateurs à revenu élevé paient un supplément pour obtenir un plus grand nombre de caractéristiques qualitatives que les consommateurs à bas revenu. Les préférences ne varient guère en fonction du revenu, à une exception près: les consommateurs à bas revenu préfèrent un riz qui soit plus substantiel. L'analyse en laboratoire a révélé que le riz des Philippines portant sur l'étiquette l'appellation d'une variété traditionnelle est habituellement une variété moderne dont la forme ou les caractéristiques de cuisson sont analogues à celles des variétés traditionnelles (Juliano et al., 1989b). Par conséquent, l'étiquette  traditionnel  signale au consommateur que ces riz possèdent certaines caractéristiques souhaitables.

TABLEAU 20 - Importance relative des indicateurs de qualité dans les programmes de sélection du riz

Programme	de	Propriétés	Texture	de	Texture	du
-----------	----	------------	---------	----	---------	----

Variétés traditionnelles	Principal	Facultatif	Facultatif
Variétés modernes	Important	Important	Vérification
Qualité du grain	Important	Vérification	Important

◆ Teneur en amylose valeur d'étalement alcalin (température de gélatinisation), consistance du gel
 ◆ Déterminée par l'évaluation organoleptique ou la méthode instrumentale: Instron Texturometer, Tensipresser, Viscoelastograph, etc. Source: Juliano et Duff, 1991.

Il semble qu'en Indonésie et aux Philippines les incitations qualitatives soient transmises depuis les prix de gros du riz jusqu'au prix du paddy (IRRI et CRDI, 1991). Toutefois, cette transmission n'est pas parfaite. Les études effectuées aux Philippines montrent que les obstacles à l'usinage influent sur la fixation des prix. Les études révèlent la complexité de la transmission, entre les consommateurs et les producteurs, des informations sur la qualité.

Etant donné l'importance que revêtent les caractéristiques relatives à la qualité pour créer et stimuler la demande, surtout chez la population urbaine à revenu plus élevé, il sera nécessaire de transmettre les informations sur les prix et le marché et d'assurer une meilleure intégration entre les exploitations et les marchés de gros et de détail en vue d'améliorer les prix à la production et d'inciter les agriculteurs à produire un riz de meilleure qualité. Qui plus est, les améliorations de la qualité du grain qui n'entraînent pas une baisse de rendement profiteront d'une manière générale à tous les consommateurs de riz en abaissant le coût du riz de meilleure qualité (Unnevehr et al., 1985). Si les variétés de plus haute qualité sont largement adoptées, les producteurs en tireront profit en conservant un riz de meilleure qualité pour

la consommation à domicile et en disposant d'un marché intérieur plus vaste pour leurs produits. En outre, les pays exportateurs de riz bénéficieraient des améliorations qualitatives propres à élargir leur marché potentiel.

[TABLEAU 21 - Diagramme de diffusion de la teneur en amylose et en protéines des riz usinés des variétés cultivées dans divers pays d'Asie \(IRRI 1963-1990\)](#)

Indicateurs de la qualité du grain

Les propriétés physiques, telles que la longueur, la largeur, la translucidité, le degré d'usinage, la couleur et l'âge du riz usiné sont des indicateurs de la qualité du grain. La teneur de l'amidon de riz en amylose est le principal facteur de qualité à la consommation. Cette teneur est directement en corrélation avec l'augmentation de volume et l'absorption d'eau pendant la cuisson et aussi la dureté, la blancheur et la matité du riz cuit (Juliano, 1985b). Les études génétiques ont montré que le non-gluant domine le gluant (Kumar, Khush et Juliano, 1987). Parmi les parents non gluants, la teneur élevée en amylose est totalement dominante sur la teneur faible ou intermédiaire, et la teneur intermédiaire est dominante sur la teneur faible (Kumar et Khush, 1987).

Par température de gélatinisation finale des granules d'amidon, on entend la température de l'eau à laquelle 90 pour cent au moins des granules d'amidon se sont gélatinisés ou ont perdu leur biréfringence (croix de Malte) ou ont gonflé de façon irréversible dans l'eau chaude. Pour les granules d'amidon de riz, la température de gélatinisation est classée comme suit: faible (55-69,5 °C), intermédiaire (70-74 °C) et élevée (74,5-80 °C). Dans le programme de sélection, la température de gélatinisation se traduit par la valeur d'étalement alcalin basée sur le degré de dispersion de six grains de riz usiné dans 10 ml d'hydroxyde de potassium à 1,7 pour cent après avoir trempé pendant 23 heures à 30 °C (Little, Hilder et Dawson, 1958).

Une température de gélatinisation élevée est peu fréquente, surtout dans les riz à forte teneur en amylose. Une faible température ambiante pendant le mûrissement peut accroître la teneur en amylose et réduire indépendamment la température de gélatinisation de l'amidon (Nikuni et al., 1969; Resurrección et al., 1977; Dien et al., 1987). La température de gélatinisation influe sur le degré de cuisson du riz en raison du gradient de cuisson depuis la surface jusqu'au cœur du grain. Il existe une corrélation directe entre la température de gélatinisation et la durée de cuisson, si bien qu'une faible température de gélatinisation permet d'économiser du combustible, à condition qu'il n'y ait pas d'effets indésirables sur la qualité à la consommation. La température de gélatinisation affecte aussi les propriétés moléculaires de l'amylopectine.

[TABLEAU 22 - Diagramme de diffusion de la teneur en amylose et en protéines des riz usinés des variétés cultivées dans divers pays en dehors de l'Asie \(IRRI 1963-1990\)](#)

[TABLEAU 22 \(fin\)](#)

L'épreuve de consistance du gel a été mise au point pour classer la dureté du riz cuit parmi les riz à forte teneur en amylose (Cagampang, Perez et Juliano, 1973). Le classement des riz en fonction de la consistance du gel est le suivant: molle, 61-100 mm; moyenne, 41-60 mm; dure, 27-40 mm. Une consistance du gel molle à moyenne est jugée préférable à une consistance dure, aussi bien pour les riz non gluants que pour les riz gluants. Une forte teneur en protéines contribue à rendre plus dure la consistance du gel. L'amylopectine contribue plus que l'amylose à la consistance et à la viscosité du gel amidon.

TABLEAU 23 - Type de grain de riz, selon la teneur apparente en amylose, préféré dans divers pays producteurs qui fournissent au moins 0,1 pour cent de la production mondiale totale de riz

Gluant	Faible	Intermédiaire	Elevée
Asie			
Laos	Chine (japonica)	Cambodje	Bangladesh
Thaïlande (nord)	Chine: Taiwan (japonica)	Chine (japonica)	Chine (Indica)
	Japon	Inde	Inde
	Corée, Rép. de	Indonésie	Pakistan (type IR6)
	Népal	Malaisie	Philippines
	Thaïlande (nord-est)	Myanmar	Sri Lanka
		Pakistan (Basmati)	Thaïlande (nord,
		Philippines	centre, sud)
		Thaïlande (centre)	
		Viet Nam	
En dehors de l'Asie			

	Argentine	Brésil (culture pluviale)	Brésil (culture irriguée)
	Australie	Côte d'Ivoire	Colombie
	Espagne	Cuba	Guinée
	Etats-Unis	Italie	Mexique
	(grains courts et moyens)	Libéria	Pérou
	URSS	Madagascar	
		Nigéria	
		Etats-Unis (grains longs)	

◆ Données communiquées par l'Institut national chinois de recherche sur le riz Hangzhou.

◆ Données communiquées par l'Institut international d'agriculture tropicale, Lagos, Nigéria.

Source: Juliano et Duff, 1991.

Parmi les riz du même type apparent pour l'amylose, la valeur d'étalement alcalin et la consistance du gel

peuvent être utilisées comme indices de qualité. Pour les riz à forte teneur en amylose, les consommateurs préfèrent une température de gélatinisation intermédiaire et une consistance molle du gel, plutôt qu'une température de gélatinisation faible et une consistance dure du gel (Juliano, 1985b). Parmi les riz à teneur en amylose intermédiaire dérivés du C4-63G, les consommateurs préfèrent un type de produit à température de gélatinisation intermédiaire à un type à faible température de gélatinisation, car le riz cuit est moins dur. Les valeurs de consistance du gel sont analogues parmi ces riz à teneur en amylose intermédiaire. Pour les riz à faible teneur en amylose et les riz gluants, les consommateurs préfèrent le type à faible température de gélatinisation au type à température de gélatinisation élevée. Du point de vue d'un programme de sélection visant à améliorer la qualité du riz, une consistance de gel dure est dominante par rapport à un gel de consistance moyenne ou molle, et une consistance de gel moyenne est dominante par rapport à une consistance molle (Tang, Khush et Juliano, 1989).

A mesure que de nombreux pays parviennent à l'autosuffisance pour la production de riz, la qualité du grain devient un objectif important des travaux de sélection (Juliano et Duff, 1991). Dans les programmes de sélection traditionnelle' la qualité des deux parents est connue, de sorte que la qualité des lignées est prévisible au moyen d'indicateurs basés sur les propriétés physiques, à savoir la teneur apparente en amylose, la valeur d'étalement alcalin et la consistance du gel (tableau 20). Avec les variétés modernes ou semi-naines issues de parents dont les qualités de grain étaient opposées, les propriétés de l'amidon complètent les méthodes physiques pour classer la qualité des lignées. La sélection en vue de la qualité du grain implique un discernement parmi les souches dont l'amidon a les mêmes propriétés, comme c'est le cas aux Etats-Unis, au Japon, en République de Corée et à l'IRRI où l'indicateur primordial est la texture du riz cuit.

L'aptitude à hériter certaines caractéristiques en ce qui concerne la teneur en protéines est très faible, et l'on observe pour chaque variété une fourchette de 6 points de pourcentage (Coffman et Juliano, 1987).

Les facteurs environnementaux influent de façon significative sur la teneur en protéines. Le riz à forte teneur en protéines transfère plus efficacement l'azote de la paille dans le grain en développement, d'où un indice d'azote à la récolte plus élevé (N de la panicule/N de la particule + N de la paille) (Pereze et al., 1973).

Caractéristiques qualitatives des riz dans le monde - échantillons par pays

Dans les pays d'Asie, les riz à forte teneur en amylose prédominent (tableau 21). C'est le type de riz principal au Bangladesh, à Sri Lanka, en Thaïlande et au Viet Nam. Le riz à teneur en amylose intermédiaire prédomine au Bhoutan, au Myanmar et au Pakistan, tandis que le riz à teneur faible en amylose prédomine dans la province chinoise de Taiwan, au Japon et en République de Corée. Les riz à très faible teneur en amylose n'ont été observés qu'au Brunéi, en Indonésie, en République de Corée, au Laos, au Sarawak (Malaisie), au Myanmar, aux Philippines et en Thaïlande. Les riz gluants sont représentés en Chine, en Indonésie, au Japon, en République de Corée, au Laos, en Malaisie occidentale, au Myanmar, aux Philippines et en Thaïlande. Le riz gluant est la denrée de base au Laos et dans le nord et le nord-est de la Thaïlande.

La teneur en protéines de ces échantillons de riz usiné variait de 4 à 14 pour cent, et la teneur moyenne en protéines s'échelonnait entre 6,3 et 9,2 pour cent (tableau 21). La teneur moyenne globale en protéines était de 7,8 pour cent.

Pour les variétés cultivées en dehors de l'Asie, les riz à teneur en amylose faible, intermédiaire ou élevée sont représentés à égalité (tableau 22). Les riz à forte teneur en amylose prédominent en Colombie, au Ghana, au Guatemala, au Nigéria, au Paraguay, au Pérou, en Sierra Leone et au Venezuela. Les riz à teneur intermédiaire en amylose prédominent au Chili, en Grèce, en Hongrie, en République islamique d'Iran, en Italie, au Suriname et au Venezuela. Les riz à faible teneur en amylose prédominent en Argentine, en

Australie, en Bulgarie, en Egypte, en France, au Portugal, en Turquie, aux Etats-Unis et dans l'ex-URSS. Seuls les Etats-Unis ont un riz à très faible teneur en amylose et on y cultive des riz gluants, de même qu'en Australie. La teneur en protéines des échantillons de riz usiné cultivé en dehors de l'Asie variait de 5 à 13 pour cent et les valeurs moyennes de 6,2 à 10,5 pour cent (tableau 22). La teneur moyenne en protéines est de 7,2 pour cent, c'est-à-dire plus faible que pour le riz asiatique (tableau 21).

Le tableau 23 indique les types de riz qui, selon leur teneur en amylose sont préférés dans divers pays producteurs d'Asie et d'ailleurs produisant au moins 0,1 pour cent de la production mondiale totale (Juliano et Duff, 1991). Il semble que le riz à teneur intermédiaire en amylose soit le plus apprécié, suivi des riz à teneur forte ou faible en amylose et, au dernier rang, du riz gluant. Les riz à faible teneur en amylose étaient principalement des riz japonica, sauf en Thaïlande et en Argentine. Les riz thaïlandais sont du type jasmin, ou Khao Dawk Mali 105, qui commence à être apprécié aux Etats-Unis et en Europe. Les riz à teneur intermédiaire en amylose étaient préférés dans le plus grand nombre de pays; ils comprennent les riz basmati, les variétés indonésiennes bulu (javanica), les riz à tiges allongées du Myanmar Nga Kywe ou D25-4 et les variétés des Etats-Unis d'Amérique à grains longs. Dans la plus grande partie de l'Asie méridionale (Bangladesh, Inde, Pakistan et Sri Lanka), on préfère les riz à forte teneur en amylose dont la consistance du gel varie entre moyenne et molle parce qu'ils se prêtent bien à l'étuvage.

Qualité du riz sur les marchés internationaux

Les types de qualité des riz sur les marchés internationaux sont essentiellement les suivantes: riz long de haute qualité; riz long de qualité moyenne; riz à grains courts; riz étuvé; riz aromatique; riz gluant (Efferson, 1985). Chaque qualité est demandée sur différents marchés. Le riz long de haute qualité est vendu principalement en Europe et au Proche-Orient, le riz long de qualité moyenne dans les pays déficitaires d'Asie, le riz à grains courts dans diverses régions à demande spéciale, le riz étuvé de haute qualité au Proche-Orient et en Afrique et le riz étuvé de qualité inférieure sur des marchés spéciaux d'Asie

et d'Afrique. Le riz aromatique est demandé principalement au Proche-Orient. Le riz gluant répond aux besoins du marché au Laos, tandis qu'un volume plus faible est consommé dans d'autres pays.

Dans les économies traditionnellement consommatrices de riz de Hong-Kong et de certains quartiers de Rome (Italie), on a constaté dans les principaux commerces de détail que les caractéristiques de qualité influaient fortement sur le prix de détail (Kaosa-ard et Juliano, 1989). A Hong-Kong, on préfère les riz longs translucides à faible teneur en amylose, à proportion plus forte de riz entier et dont le gel a une consistance plus molle. A Rome, on a observé une corrélation positive entre le prix et le caractère crayeux du riz et une corrélation négative entre le prix et la consistance du gel. Les riz importés étaient plus chers que les variétés japonica locales, dont beaucoup étaient également étuvées. A Bonn (Allemagne), marché traditionnellement non consommateur de riz, la teneur en riz entier était la seule propriété du grain de riz statistiquement importante, le degré de traitement, la taille du lot et les types de conditionnement étant des considérations importantes pour le prix.

On a observé que les riz thaïlandais exportés avaient des propriétés plus variables pour l'amidon que les riz longs des Etats-Unis, principalement du type à teneur intermédiaire en amylose, ce qui reflète la plus grande hétérogénéité de la teneur en amylose et de la température de gélatinisation parmi les variétés thaïlandaises (Juliano, Perez et Kaosa-ard, 1990). Les brisures et le riz entier sont mélangés selon les besoins par l'importateur.

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

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

Chapitre 4 - Valeur nutritionnelle du riz et des régimes alimentaires base de riz

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

[Composition en nutriments et qualité protéique du riz par rapport d'autres céréales](#)

[Protéines du riz usiné](#)

[Riz forte teneur en protéines](#)

[Indice glycémique, digestibilité de l'amidon et amidon résistant](#)

[Autres propriétés](#)

[Effet hypocholestérolémique du son de riz](#)

[Facteurs antinutritionnels](#)

[Besoins en protéines des enfants d'âge préscolaire et des adultes ayant un régime alimentaire base de riz](#)

[Utilisation des protéines, de l'énergie et des minéraux dans le riz cargo, le riz usiné et les régimes base de riz](#)

Le tableau 14 donne en gros la composition du riz et de ses diverses fractions d'usinage. Il montre que le riz est riche en énergie et qu'il constitue une bonne source de protéines. Le tableau 15 indique que le riz contient une quantité raisonnable de thiamine, riboflavine, niacine, vitamine E et autres nutriments. Le riz ne contient pas de vitamine C, D ou A. En raison de la quantité consommée, c'est la principale source d'énergie, de protéines, fer, calcium, thiamine, riboflavine et niacine dans le régime alimentaire en Asie.

Composition en nutriments et qualité protéique du riz par rapport d'autres céréales

La comparaison entre la teneur en nutriments des céréales de base avec 14 pour cent d'humidité et des tubercules alimentaires révèle une plus forte teneur en humidité (tableaux 24 et 27) et une teneur légèrement plus élevée en énergie dans les céréales (tableau 24), mais une teneur plus élevée en acide ascorbique dans les tubercules (tableau 25). Le manioc a une teneur en protéines extrêmement faible (tableau 24), même après correction pour tenir compte des différences d'humidité. Le riz a la même teneur en protéines que la pomme de terre et l'igname sur extrait sec, mais de toutes les céréales c'est le riz qui a la teneur la plus faible. Le riz a également la teneur la plus faible en fibres alimentaires. L'analyse des acides aminés (tableau 26) a montré que le premier acide aminé essentiel limitant dans les protéines de céréales était la lysine, la teneur en lysine étant la plus élevée dans l'avoine et le riz parmi les protéines céréalières (Eggum, 1979) (tableau 26). En revanche, les protéines des tubercules ont une teneur suffisante en lysine, mais il y a carence d'acides aminés soufrés (cystéine et méthionine), en particulier aux niveaux protéiques élevés (Eppendorfer, Eggum et Bille, 1979; Food and Nutrition Research Institute, 1980). La qualité protéique de la farine complète de maïs était comparable à celle du blé en raison du grand germe qui a une forte teneur en protéines riches en lysine. La valeur calculée en acides aminés (indice chimique), d'après le modèle OMS/FAO/UNU (OMS, 1986), a révélé que les protéines des tubercules étaient supérieures aux protéines céréalières, sans toute fois qu'il soit tenu compte de la digestibilité réelle. Les tubercules contiennent davantage d'humidité que les céréales, de sorte que la densité de nutriments et d'énergie est moindre.

[TABLEAU 24 - Composition approximative des céréales et tubercules consommés comme denrées de base \(pour 100g\)](#)

De toutes les denrées de base, c'est le riz qui a la plus forte digestibilité des protéines (tableau 27). Les protéines de pomme de terre ont une plus forte valeur biologique que celles des céréales, ce qui correspond à l'indice

TABLEAU 25 - Teneur en vitamines et en minéraux des céréales et tubercules consommés comme denrées de base (pour 100g)

chimique plus élevé de la pomme de terre, mais pour cette denrée l'utilisation protéique nette (UPN) est plus faible que pour le riz. Les protéines utilisables étaient sensiblement identiques pour le riz cargo, le blé, le maïs, le seigle, l'avoine et la pomme de terre, mais inférieures pour le sorgho et plus élevées pour le millet. C'est le riz qui a la plus forte digestibilité d'énergie cela étant probablement dû en partie à sa faible teneur en fibres alimentaires et en tanin (tableaux 24 et 26)

Les protéines céréalières sont moins digestibles pour les enfants et les adultes que les protéines d'œuf et de lait, à l'exception de l'albumen du blé (OMS, 1986) (tableau 28). Les valeurs pour la digestibilité étaient plus faibles pour les protéines du riz usiné cuit que pour celles du riz usiné cru (presque 100 pour cent) lors d'essais effectués sur des rats en croissance, mais elles avoisinaient les valeurs relevées pour d'autres protéines céréalières, à l'exception de la faible valeur enregistrée pour le sorgho. Par rapport à la digestibilité réelle moyenne de l'œuf, du lait, du fromage, de la viande et du poisson, soit 95 pour cent, la digestibilité relative du riz usiné est de 93 pour cent (OMS, 1985). Les protéines du riz cuit ont chez l'homme une digestibilité réelle plus faible que les protéines du riz cru chez les rats en croissance (tableau 28). De même, les protéines de riz cuit ont une digestibilité réelle de 89 pour cent chez les rats en croissance (Eggum, Resurreccion et Juliano, 1977).

TABLEAU 26 - Teneur en acides aminés et en tanin des céréales complètes et des tubercules

Aliment	Digestibilité réelle de l'azote (%)	Valeur biologique (%)	Utilisation protéique nette (%)	Protéines utilisables (%)		
					(kcal/g)	(% du total)
Riz cargo	99,7	74,0	73,8	5,4	3,70	96,3
Blé	96,0	55,0	53,0	5,6	3,24	86,4
Maïs	95,0	61,0	58,0	5,7	3,21	81,0
Millet	93,0	60,0	56,0	6,4	3,44	87,2
Sorgho	84,8	59,2	50,0	4,2	3,07	79,9
Seigle	77,0	77,7	59,0	5,1	3,18	85,0
Avoine	84,1	70,4	59,1	5,5	2,77	70,6
Pomme de terre	82,7	80,9	66,9	5,2	-	-

Sources: Eggum. 1969. 1977, 1979.

TABLEAU 28 - Digestibilité réelle chez les adultes et les enfants de certaines protéines céréalières par rapport à celle des protéines d'œuf, de lait et de viande

Source de protéines	Valeur moyenne	Digestibilité par-rapport aux protéines de
---------------------	----------------	--

		référence
Riz, usiné	88 ± 4	95
Blé, entier	86 ± 5	90
Endosperme de blé (farine)	96 ± 4	101
Mais, entier	85 ± 6	89
Millet	79	83
Sorgho	74	78
Farine d'avoine	86 ± 7	90
Œuf	97 ± 3	100
Lait	95 ± 3	100
Viande, poisson	94 ± 3	100

± Valeur moyenne de la digestibilité réelle = 95 pour cent.

Sources: Hopkins. 1981: OMS, 1985.

Des études sur le bilan azoté effectuées chez des enfants péruviens d'âge préscolaire nourris de céréales cuites (Graham et al., 1980; MacLean et al., 1978,1979,1981) et de pommes de terre (Lopez de Romaña et al., 1980) ont révélé que l'absorption apparente d'azote était la plus élevée pour les pâtes alimentaires faites de blé, mais que la rétention apparente d'azote était la plus élevée pour la pomme de terre pelée et que la qualité protéique la plus élevée, d'après la rétention apparente d'azote avec des rations témoin de caséine, était constatée avec la pomme de terre et le riz usiné (tableau 29). Le chiffre le plus élevé pour les protéines utilisables a été relevé pour le blé et le riz.

La qualité des protéines est inférieure pour le maïs opaque-2 ou forte teneur en lysine par rapport au riz usiné, mais elle est meilleure que pour le maïs normal. La digestibilité énergétique calculée en poids d'extrait fécal sec était la plus faible pour le sorgho, probablement cause de sa forte teneur en tanin (tableau 26).

[TABLEAU 29 - Comparaison de l'utilisation protéique et du poids d'extrait fécal sec chez les enfants péruviens d'âge préscolaire nourris de céréales cuites et de pommes de terre](#)

Protéines du riz usiné

La valeur habituellement attribuée la teneur du riz usiné en protéines est de 7 pour cent, sur la base d'un facteur de conversion Kjeldahl de 5,95. Toutefois, pour les études nutritionnelles on utilise le facteur de 6,25 pour que le bilan azoté du régime alimentaire corresponde celui des protéines types. La digestibilité réelle des protéines de riz cuit est de 88+4 pour cent chez l'homme (OMS, 1985) (tableau 28). Leur indice chimique est d'environ 65 pour cent sur la base de 5,8 pour cent de lysine pour 100 pour cent (OMS, 1985). Chez les rats, l'utilisation protéique nette de riz usiné est d'environ 70 pour cent (Eggum et Juliano, 1973, 1975). Chez les rats en croissance, la valeur biologique est d'environ 70 pour cent pour le riz cru et d'environ 80 pour cent pour le riz cuit (Eggum, Resurrección et Juliano, 1977).

Les protéines du riz cru sont digestibles 100 pour cent chez les rats en croissance (Eggum et Juliano, 1973, 1975). Bien que la cuisson ramène 89 pour cent la digestibilité réelle chez les rats en croissance, la digestibilité de la lysine demeure proche de 100 pour cent (Eggum, Resurrección et Juliano, 1977; Eggum, Cabrera et Juliano, 1992). Ainsi, l'utilisation protéique nette du riz cuit est également d'environ 70 pour cent. Les effets de la cuisson sont examinés d'une manière plus détaillée au chapitre 5.

Riz \diamond forte teneur en prot \diamond ines

Des essais d'alimentation chez des rats en croissance et une \diamond tude des donn \diamond es relatives aux taux de croissance (Blackwell, Yang et Juliano, 1966), des d \diamond terminations du rendement prot \diamond ique et du bilan azot \diamond (Bressani, Elias et Juliano, 1971), des \diamond tudes sur l'utilisation prot \diamond ique nette (Eggum et Juliano, 1973, 1975; Murata, Kitagawa et Juliano, 1978) et les chiffres indiquant la valeur nutritive relative (Hegsted et Juliano, 1974) ont montr \diamond que si la teneur en prot \diamond ines du riz usin \diamond passe de 7 \diamond 9 pour cent, cela a des avantages sur le plan nutritionnel, compte tenu des prot \diamond ines utilisables (teneur en prot \diamond ines x qualit \diamond des prot \diamond ines) (tableaux 30 et 31). La teneur en lysine des prot \diamond ines du riz ne diminue que l \diamond g \diamond rement quand la teneur du riz usin \diamond en prot \diamond ines augmente pour atteindre 10 pour cent, puis elle devient constante quand la teneur en prot \diamond ines d \diamond passe 10 pour cent (Cagampang et al., 1966; Juliano, Antonio et Esmama, 1973).

TABLEAU 30 - Effets de la teneur en prot \diamond ines sur la qualit \diamond prot \diamond ique du riz usin \diamond d'apr \diamond s l'UPN et divers titrages du rapport de pente (gain de poids) et des prot \diamond ines de r \diamond f \diamond rence chez des rats en croissance

Source de prot \diamond ines du riz	Teneur en prot \diamond ines (% N x 6.25)	Lysine (g/16 g N)	Indice chimique \diamond (%)	UPN \diamond (%)	Valeur nutritive respective (%)			
					I \diamond	II \diamond 4	III \diamond 5	IV \diamond 6
Intan	6,0	4,1	70	75	78	77	82	
Commercial	6,7	3,4	58	56	-	-	-	51

IR8	7,7	3,6	62	70	69	72	63	-
IR22	7,9	3,8	65	-	78	-	-	-
IR22	10,0	3,9	67	69	77	-	-	-
IR8	10,2	3,5	60	65	68	67	-	-
IR480-5-9	10,3	3,5	61	-	-	- 57	-	-
IR480-5-9	11,0	3,2	55	63,56	-	-	-	48
IR1103-15-8	11,6	3,6	63	71	65	-	-	-
IR58	11,8	3,5	60	68	-	-	-	-
IR480-5-9	11,8	3,3	58	64	53	-	-	-
IR480-5-9	12,3	3,3	58	-	54	-	-	-
BPI-76-1	15,2	3,2	55	66	46	60	42	-

◆ Sur la base de 5.8 pour cent de lysine pour 100 pour cent (OMS, 1986).

◆ Eggum et Juliano, 1973, 1975: Murata, Kitagawa et Juliano, 1978.

◆ Sur la base de rations ◆ 0. 28, 56 et 84 pour cent de riz et lactalbumine pour 100 pour cent (Hegsted et Juliano. 1974).

⁴ Sur la base de rations ◆ 0, 1, 2, 3. 4 et 5 pour cent de protéines et caséine pour 75 pour cent (Bressani. Elias et Juliano, 1971).

⁵ Sur la base de rations ◆ 2, 5 et 8 pour cent de protéines et caséine pour 75 pour cent (B.E. McDonald, communication personnelle, 1974).

⁶Sur la base de rations 11, 4, 8, 12 et 15 pour cent de protéines et d'œuf pour 100 pour cent (Murata, Kitagawa et Juliano, 1978).

Ces preuves sur le rat ont été vérifiées par des études sur la correspondance du bilan azoté chez des enfants d'âge préscolaire au Pérou (MacLean et al., 1978) et aux Philippines (Roxas, Intengan et Juliano, 1979) (tableau 32). Bien que la rétention d'azote apparente ait été quelque peu inférieure pour le riz haute teneur en protéines, la diminution ne représentait qu'une fraction de l'augmentation de cette teneur. Des études à court terme sur le bilan azoté ont également révélé une augmentation de la rétention apparente d'azote quand le riz à teneur moyenne en protéines (7,5-7,8 pour cent) était remplacé par un poids égal de riz à haute teneur en protéines (11,4-14,5 pour cent); chez les adultes, elle est passée de 3,6 à 11,7 pour cent avec un régime alimentaire composé de riz (Clark, Howe et Lee, 1971) et de 27,7 pour cent à 29,8 pour cent avec un régime composé de riz et de poisson (Roxas, Intengan et Juliano, 1975); chez les enfants, elle est passée de 21,6 pour cent à 31,6 pour cent avec un régime composé de riz et de haricots mungo à grains verts (Roxas, Intengan et Juliano, 1976) (tableau 33).

[TABLEAU 31 - Effets de la teneur en protéines sur la qualité protéique du riz usiné cru d'après le bilan azoté chez des rats en croissance](#)

[TABLEAU 32 - Données relatives au bilan azoté chez des enfants d'âge préscolaire de sexe masculin nourris de riz usiné à teneur élevée en protéines et de riz usiné à teneur moyenne en protéines](#)

Des essais d'alimentation à long terme effectués dans des établissements pour enfants en Inde et aux Philippines ont prouvé que le remplacement du riz usiné à teneur moyenne en protéines (6-7 pour cent) par un poids égal de riz usiné à haute teneur en protéines (10 pour cent) dans le régime

alimentaire des enfants améliorerait la croissance, condition que les autres facteurs nutritionnels, par exemple le zinc, ne deviennent pas limitants (Pereira, Begum et Juliano, 1981; Roxas, Intengan et Juliano, 1980). L'absence de réponse du point de vue de la taille ou du poids chez les enfants indiens ne recevant aucun complément de vitamines et de minéraux résultait peut-être d'une carence en zinc et autres minéraux ainsi qu'en vitamines avec l'apport plus élevé de protéines.

[TABLEAU 33 - Remplacement d'un riz à teneur moyenne en protéines par un riz à teneur élevée en protéines dans différents régimes: effet sur le bilan azoté d'adultes](#)

[TABLEAU 34 - Indice glycémique du riz usiné cuit et de produits à base de riz chez des sujets normaux et diabétiques \(diabète sucré\) non insulinodépendants \(%\)](#)

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

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

Indice glycémique, digestibilité de l'amidon et amidon résistant

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

L'indice glycémique, basé sur l'augmentation relative du glucose plasmatique dans les trois heures qui suivent l'ingestion de glucides avec du pain blanc ou du glucose pour 100 pour cent, a été utilisé comme référence pour l'établissement du régime alimentaire des diabétiques (diabète sucré) non insulinodépendants. L'indice glycémique était plus élevé pour les riz gluants et à faible teneur en amylose que pour les riz à teneur en amylose intermédiaire ou élevée (Godard, Young et Marcus, 1984; Juliano et

Goddard. 1986; Jiraratsatit et al., 1987; Tanchoco et al., 1990; M.I. Prakoso. 1990, communication personnelle) (tableau 34) Le traitement tel que l'étuvage et la fabrication de pâtes alimentaires, a tendance à réduire l'indice glycémique du riz, en particulier celui des riz à teneur en amylose intermédiaire OU élevée (Panlasigui, 1989; Wolever et al., 1986) Par contre, Tsai et al. (1990) ont signalé que le riz gluant, la semoule de riz, le riz cuit à la vapeur et les pâtes alimentaires à base de riz avaient le même indice glycémique que le pain blanc chez des diabétiques non insulino-dépendants Parmi les riz riches en amylose, le riz IR42 à basse température de gélatinisation et à gel dur avait un indice glycémique plus élevé que les riz IR36 et IR62 à température de gélatinisation intermédiaire et à gel plus mou (Panlasigui, 1989) Cependant Srinivasa Rao (1970) a signalé que l'ingestion de riz IR8 à gel dur avait pour résultat un taux glycémique maximal moins élevé qu'avec le riz Hamsa à gel plus mou: tous deux ont une forte teneur en amylose et une basse température de gélatinisation.

On a émis l'hypothèse que la consommation prolongée de riz usiné contenant peu de fibres provoquait le diabète en raison de sa faible teneur en fibres solubles (0,1-0,8 pour cent), en particulier à des températures minimales supérieures à 15 °C (Trowell, 1987). Il a été signalé que l'amidon résistant aux enzymes est affecté par le traitement, en particulier le traitement à l'autoclave, et qu'il agirait comme une fibre alimentaire soluble dans le colon en exerçant peut-être un effet hypocholestérolémique (Eglyst, Anderson et Cummings, 1983). Toutefois les valeurs signalées pour la teneur du riz en amidon résistant aux enzymes varient depuis de simples traces jusqu'à 0,3 pour cent (Englyst, Anderson et Cummings, 1983; Holland, Unwin et Buss, 1988). Les valeurs in vitro s'établissent à 0 pour cent pour le riz gluant cru ou cuit et à moins de 1 pour cent pour le riz non gluant cru et les pâtes alimentaires à base de riz, mais à 1,5 - 1,6 pour cent pour le riz non gluant cuit, y compris le riz étuvé. Ces faibles valeurs sont peut-être dues au fait que le riz est cuit en grains complets, ce qui évite une association étendue d'amidon. Un riz usiné cru, s'agissant d'un mutant de IR36 à diluant de l'amylose, contenait 1,8 pour cent d'amidon résistant in vitro. En raison de l'importance que revêt le riz étuvé en Asie méridionale, l'Institut national

des sciences animales de Foulum (Danemark) détermine actuellement la teneur en amidon résistant aux enzymes de riz IR à diverses teneurs en amylose en utilisant des antibiotiques pour supprimer la fermentation de l'amidon résistant dans l'intestin postérieur (Björck et al., 1987). La teneur en amidon résistant était plus élevée dans les riz cuits à température de gélatinisation intermédiaire que dans les riz à faible température de gélatinisation, et elle augmentait sous l'effet de l'étuvage (B.O. Eggum, données inédites). L'amidon résistant in vitro obtenu à partir de riz cuits avec utilisation de pullulanase et de bêta-amylase a été caractérisé comme étant essentiellement de l'amylose (limites de bêta-amylolyse de 90 à 96 pour cent) avec de 55 à 65 unités de glucose (IRRI, 1991 b), comme il avait déjà été signalé précédemment pour l'amidon de blé et de maïs (Russell, Berry et Greenwell, 1989).

La fermentation microbienne en anaérobiose de l'amidon résistant dans le côlon produit du lactate, des acides gras à chaîne courte (acétate, propionate et butyrate), du dioxyde de carbone et de l'hydrogène. Les acides gras sont absorbés à partir de la lumière intestinale dans les cellules épithéliales du côlon et fournissent de 60 à 70 pour cent de l'énergie qui aurait été disponible si les glucides avaient été absorbés sous forme de glucose dans l'intestin grêle (Livesey, 1990). Ainsi, la digestion complète de l'amidon du riz cuit gluant ou non gluant chez les nourrissons (De Vizia et al., 1975; MacLean et al., 1978) et de l'amidon cru chez les rats en croissance (El-Harith, Dickerson et Walker, 1976; Eggum, Juliano et Maniñgat, 1982; Pedersen et Eggum, 1983) comprend l'amidon résistant qui a subi une fermentation dans le côlon ou l'intestin postérieur. L'épreuve de détermination de l'hydrogène dans l'haleine d'enfants villageois âgés de 1 à 59 mois au Myanmar a révélé une forte prévalence de malabsorption des glucides du riz (66,5 pour cent) (Khin-Maung-U et al., 1990a). La moitié environ des enfants étaient déjà dans un état de dénutrition par suite d'une malnutrition antérieure, mais on n'a constaté aucune différence entre les enfants accusant une malabsorption des glucides du riz et les autres (Khin-Maung-U et al., 1990b). Levitt et al. (1987) ont signalé que le riz était presque totalement absorbé par des adultes en bonne santé et ne provoquait qu'un accroissement minime de l'excrétion d'hydrogène par rapport à l'avoine, au blé

complet, au maïs, aux pommes de terre ou aux haricots cuits.

Autres propriétés

Le riz étuvé ou la semoule de riz (Molla, Ahmed et Greenough, 1985), l'eau de riz (Wong, 1981; Rivera et a/., 1983) et le riz cuit par extrusion (Tribelhorn et a/., 1986) ont tous été utilisés avec des résultats efficaces pour le traitement de la diarrhée non infectieuse puisque l'amidon a une plus faible osmolalité que le glucose. Une solution de réhydratation orale ayant même une concentration aussi élevée que 80 g de riz par litre est buvable par les malades et elle est extrêmement efficace, fournissant quatre fois plus d'énergie que la solution normale de glucose (20 pour cent) utilisée pour la réhydratation orale (Molla, Ahmed et Greenough, 1985).

Une corrélation a été établie entre la consommation de produits céréaliers, y compris le riz, et les caries dentaires (Bibby, 1985). Les dentistes admettent d'un commun accord que les caries dentaires résultent de la déminéralisation des dents par les acides produits à la surface dentaire lors de la fermentation des bactéries provenant des glucides. L'étuvage, la cuisson sous pression et la cuisson par extrusion développent la formation d'acides par l'amidon dans la plaque dentaire. Le phytate est un facteur protecteur de l'émail, de même que les acides aminés, les phosphates, les lipides, etc. Le raffinage élimine des aliments à base de riz les facteurs qui protègent contre les caries et augmente l'aptitude de ces aliments à provoquer des caries. L'inclusion dans le régime alimentaire de l'homme de son de riz ou d'un extrait à l'eau chaude de son de riz a une action préventive contre les caries (Ventura, 1977).

Selon une croyance populaire, certaines variétés de riz ont des propriétés médicinales, par exemple la variété du Myanmar appelée Na ma tha lay. Les Chinois croient aussi que le riz noir comporte une fraction de renforcement de l'organisme et a des vertus pharmaceutiques. Aussi est-il appelé riz de

renforcement du sang, riz médicinal ou riz fournissant une contribution (Li et Lai, 1989). La teneur en pigment du riz noir est de 1 mg par 100 g. Cent grammes de riz noir contiennent 3 mg de vitamine C et 0,2 mg de riboflavine, et ce riz contient plus de fer, de calcium et de phosphore que le riz non pigmenté. Au Kérala (Inde), la variété Navara est réputée avoir des propriétés médicinales et elle est utilisée pour réactiver les nerfs en cas de paralysie: à l'état impur, l'oridine, un alcaloïde présent dans le riz, a quelques propriétés antineuropathiques (Chopra, 1933). Les pigments d'anthocyanine du riz rouge appelé Tapol, extraits à l'éthanol à 95 pour cent contenant 0, 1 pour cent d'acide chlorhydrique, sont pour 70 pour cent du cyanidine-3-glucoside (chrysanthémine) et pour 12 pour cent du péonidine-3-glucoside (oxycoccicyanine) avec deux autres pigments d'anthocyanine (Takahashi et al., 1989). Des riz cargo pigmentés avaient une plus forte teneur en riboflavine que des riz IR non pigmentés, mais la teneur en thiamine était la même (Villareal et Juliano, 1989a). Il a été signalé qu'en Inde la teneur totale en glucides et en amidon des riz rouges usinés était plus faible que celle du riz usiné non pigmenté (Srinivasa Rao, 1976), probablement à cause de la plus forte teneur en protéines et des substances phénoliques résiduelles avec un usinage à 7 pour cent. De même que le riz cargo, le Perurutong pourpre avait une UPN plus faible chez les rats en croissance (59, 1 pour cent) que le riz rouge (66,6 pour cent) et le riz cargo non pigmenté (66,7-70,6 pour cent) du fait de la digestibilité réelle extrêmement réduite de ses protéines (72,4 pour cent) à cause de la forte teneur en substance phénolique (anthocyanine) (0,62 pour cent au lieu de 0,01-0,25 pour cent) (Eggum, Alabata et Juliano, 1981). Ces différences disparaissent à l'usinage car celui-ci élimine la majeure partie des pigments.

On a constaté des différences variétales en ce qui concerne la teneur en cadmium (Cd) du riz cargo cultivé à Tsukuba (Japon) à partir de plants repiqués entre juin 1983 et juin 1985: cinq riz indica semi-nains contenaient 24-74 ppb de Cd contre 2-27 ppb de Cd pour des variétés japonica et 4-56 ppb de Cd pour des variétés indica non naines (Morishita et al., 1987). La teneur moyenne en Cd du riz dans divers pays variait de 5 à 99 ppb à l'état humide, la teneur la plus forte étant relevée à Hokuriku (Japon); l'apport

quotidien de cadmium à partir du riz allait de 1 à 36 μg et était également le plus élevé à Hokuriku, mais la même valeur (36 μg) était aussi observée dans l'île de Célèbes (Indonésie) où la teneur en Cd était inférieure mais l'apport en riz plus élevé (Rivai, Koyama et Suzuki, 1990). La forte teneur du riz en cadmium a été l'une des principales causes d'une épidémie de Itai-itai au Japon (Kitagishi et Yamane, 1981).

L'analyse effectuée entre 1979 et 1982 a révélé des carences en sélénium (Se) dans les produits d'alimentation animale dans 70 pour cent des régions de la Chine, où 80 pour cent des produits et fourrages analysés contenaient moins de 0,50 ppm de Se (Liu, Lu et Su, 1985). La teneur en sélénium du riz cargo et du riz usiné cultivés au Japon est signalée comme étant de 30 à 40 mg par gramme (Noda, Hirai et Dambara, 1987). Le sélénium est réparti à raison de 13 pour cent dans la balle, 15 pour cent dans le son et 72 pour cent dans le riz usiné (Ferretti et Levander, 1974).

Il a été signalé que la teneur en silicium (Si) du riz usiné était de 0,046 μg à 0,030 pour cent pour six riz des Etats-Unis (Kennedy et Schelstraete, 1975); le silicium se trouvait principalement dans l'enveloppe du riz usiné. Les données récentes obtenues au fluorimètre ont révélé que la teneur moyenne en silicium (état humide) de sept riz IR s'établissait à 0,041 μg à 0,016 pour cent pour le riz cargo et à 0,015 μg à 0,009 pour cent pour le riz usiné (Villareal, Maranville et Juliano, 1991). Le titrage calorimétrique du silicium au phosphomolybdate a révélé que pour un riz usiné IR32 à 7 pour cent de protéines la teneur en silicium était de 0,035 pour cent dans la couche de subaleurone (les 9 pour cent extérieurs), de 0,014 pour cent dans l'albumen moyen (les 11 pour cent suivants) et de 0,009 pour cent dans l'albumen interne (80 pour cent) (Juliano, 1985b), ce qui équivaut à 0,010 pour cent de silicium dans le grain entier.

Effet hypocholestérolémique du son de riz

Chez des hamsters, l'addition au régime de 10 pour cent de fibres alimentaires provenant de son de riz stabilisé, de son de riz stabilisé et dégraissé et de son d'avoine a réduit de façon appréciable le taux de cholestérol dans le plasma par rapport aux témoins (Kahlon et a/., 1990). Lors de nouvelles expériences, seuls le son non dégraissé et le son d'avoine abaissaient le taux de cholestérol (Haumann, 1989). Le son de riz stabilisé à la chaleur, fournissant 7 pour cent de fibres alimentaires, abaissait le taux de cholestérol libre dans le foie et, associé à 5 pour cent d'huile de poisson, réussissait mieux que le son de blé à réduire le taux de triglycérides plasmatiques et hépatiques et la lipogenèse hépatique (Topping et al., 1990). De récentes études de confirmation sur l'homme ont mis en évidence l'effet hypocholestérolémique du son de riz non dégraissé (Gerhardt et Gallo, 1989; Nicolosi, 1990; Saunders, 1990). Cependant, des essais d'alimentation limités effectués sur des adultes n'ont pas confirmé l'activité hypocholestérolémique du son de riz chez des sujets japonais (riz cargo par opposition au riz usiné) (Miyoshi et a/., 1987a, 1987b) et des sujets philippins (Dans et a/., 1987).

L'effet hypocholestérolémique du son d'avoine est dû à sa forte teneur en hémicelluloses solubles. En revanche, l'activité hypocholestérolémique de l'huile de son de riz chez l'homme et les rats (Raghuram, Brahmaji Rao et Rukmini, 1989) est due à la fraction de substances non saponifiables (Suzuki et al., 1962; Sharma et Rukmini, 1986, 1987). L'huile de son de riz abaissait le taux de cholestérol sanguin chez l'homme plus efficacement que l'huile de tournesol, de maïs ou de carthame (Suzuki et al., 1962).¹¹ a également été signalé qu'une fraction de polyoside dans le son exerçait un effet hypocholestérolémique sur les rats (Vijayagopal et Kurup, 1972). L'effet hypocholestérolémique de l'hémicellulose du son de riz (son de riz dégraissé) (Ayano et al., 1980) était dû à la réduction de l'absorption de cholestérol alimentaire à partir de l'intestin grêle chez les rats (Aoe, Ohta et Ayano, 1989).

Facteurs antinutritionnels

Les facteurs antinutritionnels dans le grain de riz sont concentrés dans la fraction constituant le son (l'embryon et la couche de cellules à aleurone). Ils comprennent la phytine (phytate), l'inhibiteur de la trypsine, l'oryzacystatine et l'hémagglutinine-lectine. Tous, à l'exception de l'oryzacystatine, ont déjà été passés en revue (Juliano, 1985b).

Tous les facteurs antinutritionnels sont des protéines et tous, à l'exception de la phytine (phytate), sont sujets à dénaturation par la chaleur. La phytine se trouve en globoïdes de 1 à 3 μ m dans l'aleurone et les corps protéiques de l'embryon sous forme de sel de potassium ou de magnésium. Ses groupes phosphates peuvent aisément provoquer la chélation avec des cations tels que le calcium, le zinc et le fer et avec des protéines. La phytine est thermostable et elle est à l'origine du bilan de minéraux plus médiocre observé chez les sujets nourris de riz cargo, par rapport à celui de sujets nourris de riz usiné (Miyoshi et al., 1987a, 1987b).

Un inhibiteur de la trypsine a également été isolé à partir du son de riz et caractérisé (Juliano, 1985b). L'inhibiteur partiellement épuré est stable avec un pH acide ou neutre et il conserve plus de 50 pour cent de son activité après 30 minutes d'incubation à 90 $^{\circ}$ C avec un pH de 2 et de 7. Le passage à la vapeur du son de riz pendant six minutes à 100 $^{\circ}$ C inactive l'inhibiteur de la trypsine, mais le séchage à sec à 100 $^{\circ}$ C pendant un maximum de 30 minutes n'est pas aussi efficace. L'inhibiteur est réparti à raison de 85 à 95 pour cent dans l'embryon et de 5 à 10 pour cent dans le son exempt de germe, mais il n'y en a pas dans le riz usiné.

Les hémagglutinines (lectines) sont des globulines qui agglutinent les hématies des mammifères et précipitent les glycoconjugués ou les polyosides. La toxicité des lectines est due à leur aptitude à lier des sites de récepteurs de glucides spécifiques sur les cellules de la muqueuse intestinale et à perturber l'absorption des nutriments à travers la paroi de l'intestin. La lectine du son de riz se lie d'une manière spécifique au 2acétamido-2-désoxy-D-glucose (Poola, 1989). Elle est stable pendant deux heures à 75 $^{\circ}$ C

mais perd rapidement son activité après 30 minutes à 80 °C ou 2 minutes à 100 °C (Ory, Bog-Hansen et Mod, 1981). La lectine du riz agglutine les hématies des groupes A, B et O chez l'homme. Elle est située dans l'embryon, mais elle a des récepteurs aussi bien dans l'embryon du riz que dans l'albumen (Miao et Tang, 1986).

L'oryzacystatine est un inhibiteur (cystatine) de la protéinase de la cystéine (globuline) provenant de la semence du riz, et c'est probablement le premier membre bien défini de la famille des cystatines d'origine végétale (Kondo, Abe et Arai, 1989). L'incubation avec un pH de 7 pendant 30 minutes à 100 °C n'avait aucun effet sur son activité, mais l'inhibition tombait à 15 pour cent à 110 °C et à 45 pour cent à 120 °C. L'oryzacystatine réalisait effectivement l'inhibition des protéinases de cystéine telles que la papaïne, la ficine, la chymopapaïne et la cathepsine C et n'avait aucun effet sur les protéinases de la sérine (trypsine, chymotrypsine et subtilisine) ni sur la protéinase carboxyle (pepsine).

Une protéine allergène du grain de riz, qui provoque au Japon un eczéma constitutionnel associé à la consommation de riz, est une alpha-globuline et accuse une immunoréactivité stable (60 pour cent) même après avoir été portée à 100 °C pendant 60 minutes (Matsuda et al., 1988). Cette protéine est présente surtout dans le riz usiné plutôt que dans le son. On peut préparer des grains de riz hypoallergènes en laissant incuber le riz usiné dans de l'actinase pour hydrolyser les globulines en présence d'un tensio-actif avec un pH alcalin (Watanabe et al., 1990a) puis en effectuant un lavage. La couleur du grain traité est améliorée par un traitement à l'acide chlorhydrique à 0,5 N et par un lavage à l'eau (Watanabe et al., 1990b).

Besoins en protéines des enfants d'âge préscolaire et des adultes ayant un régime alimentaire à base de riz

Le niveau quotidien de sécurité des besoins en protéines des enfants philippins d'âge préscolaire ayant un régime alimentaire à base de riz (mesures effectuées selon la méthode à plusieurs niveaux du bilan azoté, les deux tiers de l'azote provenant du riz) est plus bas pour un régime riz/lait (1,11 g/kg de poids corporel) et un régime riz/poisson (1,18 g/kg) que pour un régime riz/haricots mungo à grains verts (1,34-1,56 g/kg) ou un régime composé uniquement de riz (1,44 g/kg) (Intengan et al., 1984; Cabrera-Santiago et al., 1986). La digestibilité réelle s'établissait entre 70 et 78 pour cent. L'indice chimique (valeur en acides aminés) de ces régimes de sevrage philippins basés sur 5,8 pour cent de lysine pour 100 pour cent était de 100 pour cent pour le régime riz/poisson, de 93 pour cent pour le régime riz/lait, de 90 pour cent pour le régime riz/haricots mungo complets à grains verts, de 81 pour cent pour le régime riz/haricots mungo à grains verts décortiqués et grillés et de 60 pour cent pour le régime composé uniquement de riz IR58. La qualité protéique du riz IR58 riche en protéines, telle qu'elle a été déterminée sur trois enfants d'après l'indice à très court terme du bilan azoté, correspondait à 79-80 pour cent de celle du lait (Cabrera-Santiago et al., 1986). Par rapport au niveau de sécurité des besoins en protéines du lait, soit 0,89 g/kg de poids corporel (Huang, Lin et Hsu, 1980), la qualité protéique du riz IR58 correspondait à 62 pour cent de celle du lait. Le fait de griller et de décortiquer les haricots mungo à grains verts avant de les mettre à bouillir n'améliorait pas de façon appréciable le régime riz/haricots mungo à grains verts, en raison de la décomposition des acides aminés pendant le grillage (Eggum et al., 1984). La digestibilité réelle des régimes riz/haricots mungo à grains verts (2:1 en poids) des enfants thaïlandais s'établissait à 72,7 pour cent \diamond 6,1 pour cent avec des haricots mungo complets et à 74,6 pour cent \diamond 5,9 pour cent avec des haricots mungo décortiqués (Hussain, Tontisirin et Chaowanakarn/kit, 1983).

TABLEAU 35 - Composition et valeur nutritionnelle des fractions d'usinage du riz cargo IR32 avec 14 pour cent d'humidité

Fraction	Protéines	FibresDétergentes	Lipides	Cendres	Total	Valeur	Lysine	Indice
----------	-----------	-------------------	---------	---------	-------	--------	--------	--------

de riz	brutes (%N x 6.25)	neutres (%)	bruts (%)	brutes (%)	P (%)	énergétique (kJ/g)	(g/16 g N)	chimique (%)
Riz cargo	8,5	2,6	2,4	0,8	0,14	15,9	3,8	66
Riz semi blanchi	8,3	1,8	1,5	0,6	0,14	15,7	3,6	62
Riz usiné	8,1	0,8	0,7	0,4	0,08	15,5	3,6	62
ET	0,3	0,3	0,4	0,3	0,06	ns	0,1	

Source: Eggum, Juliano et Maniñgat. 1982.

Des études à long terme chez des enfants d'âge préscolaire pour vérifier les apports protéiques révélés lors d'études à court terme ont été entreprises pour deux régimes de sevrage riz/poisson avec 1,7 g/kg/jour (Tontisirin, Ajmanwra et Valyasevi, 1984; Cabrera et al., 1987). Les résultats donnent à penser qu'au niveau de 1,7 g de protéines/kg/jour l'apport d'énergie actuellement recommandé de 100 kcal/kg/jour est insuffisant pour assurer la croissance, mais il est nécessaire de poursuivre les recherches avec un plus grand nombre de sujets. Le niveau de sécurité calculé pour l'apport protéique chez un enfant âgé de six à neuf mois est de 1,75 g/kg/jour dans un pays en développement où les enfants sont exposés à des infections, voire à des disettes périodiques (OMS, 1986).

TABLEAU 36 - Données sur le bilan chez cinq rats en croissance

Les niveaux de sécurité des besoins quotidiens en protéines pour les adultes chinois (Chen et al., 1984; Huang et Lin, 1982) et philippins (Intengan et al., 1976) consommant un régime à base de riz variaient de 1,14 à 1,18 g/kg de poids corporel. En comparaison, le niveau de sécurité des besoins en protéines d'œuf chez les adultes s'établissait à 0,89 g/kg/jour (Huang et Lin, 1982) et à 0,99 g/kg/jour (Tontisirin, Sirichakawal et Valyasevi, 1981). La valeur globale pour des protéines hautement digestibles de bonne qualité chez des hommes jeunes en bonne santé s'établit à 0,63 g/kg/jour (OMS, 1986). Sur cette base, les régimes composés de riz fournissaient des protéines dont la qualité correspondait à 68-98 pour cent de celle des protéines de référence. On a estimé que l'UPN relative des protéines du riz chez les adultes japonais calculée selon la méthode du rapport de pente correspondait à 65 pour cent de celle des protéines d'œuf (Inoue et al., 1981), et l'on a signalé une UPN de 56 pour cent pour un régime d'œufs et de 43 pour cent pour un régime chinois composé de riz (Huang et Lin, 1982).

Des études à long terme (50-90 jours) chez des adultes, effectuées pour vérifier l'apport de protéines indiqué lors d'études à court terme, ont révélé qu'un apport de protéines de 0,94 à 1,23 g/kg/jour avec un apport énergétique de 37 à 63 kcal/kg/jour était suffisant pour des sujets chiliens, chinois, philippins, coréens et thaïlandais (Intengan et al., 1982; Rand, Uauy et Scrimshaw, 1984). L'indice chimique pour le régime philippin composé de riz était de 100 pour cent (Intengan et al., 1982) sur la base du mode de détermination OMS/FAO/UNU de l'indice chimique pour les enfants d'âge préscolaire (OMS, 1986). D'après les calculs, les régimes composés de riz contenaient suffisamment de lysine (Autret et al., 1968). Pour les régimes à base de riz, la digestibilité réelle calculée des protéines variait de 80 à 87 pour cent. Si l'on admet que le niveau de sécurité des besoins en protéines correspond à 0,75 g de protéine de bonne qualité (OMS, 1986), la qualité des régimes à base de riz soumis aux épreuves correspondait à 61 -80 pour cent de celle des protéines animales de référence. Il semble que la digestibilité soit le facteur le plus

important déterminant l'aptitude des sources de protéines dans un régime mixte habituel à répondre aux besoins protéiques des adultes (OMS, 1986). Ainsi, du fait que ses protéines ont une teneur relativement élevée en acides aminés soufrés et contiennent de 3,5 à 4,0 pour cent de lysine, le riz usiné complète dans le régime alimentaire de l'homme les protéines de légumineuses qui sont riches en lysine mais manquent d'acides aminés soufrés, et l'indice chimique du régime composé est plus élevé que celui du riz ou d'une légumineuse considérés isolément.

[TABLEAU 37 - Données sur le bilan chez cinq enfants d'âge préscolaire](#)

[TABLEAU 38 - Digestibilité et bilan azoté chez cinq hommes recevant une ration de riz cargo ou de riz usiné avec apport de protéines faible ou normal \(moyenne SE\)](#)

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