

S0SS0



WEST AFRICA RICE DEVELOPMENT ASSOCIATION

ASSOCIATION POUR LE DEVELOPPEMENT DE

LA RIZICULTURE EN AFRIQUE DE L'OUEST

## L'ETUVAGE DU RIZ

A.O. Adewusi  
Ingénieur spécialiste de  
l'usinage du riz

Département du Développement  
juin 1982

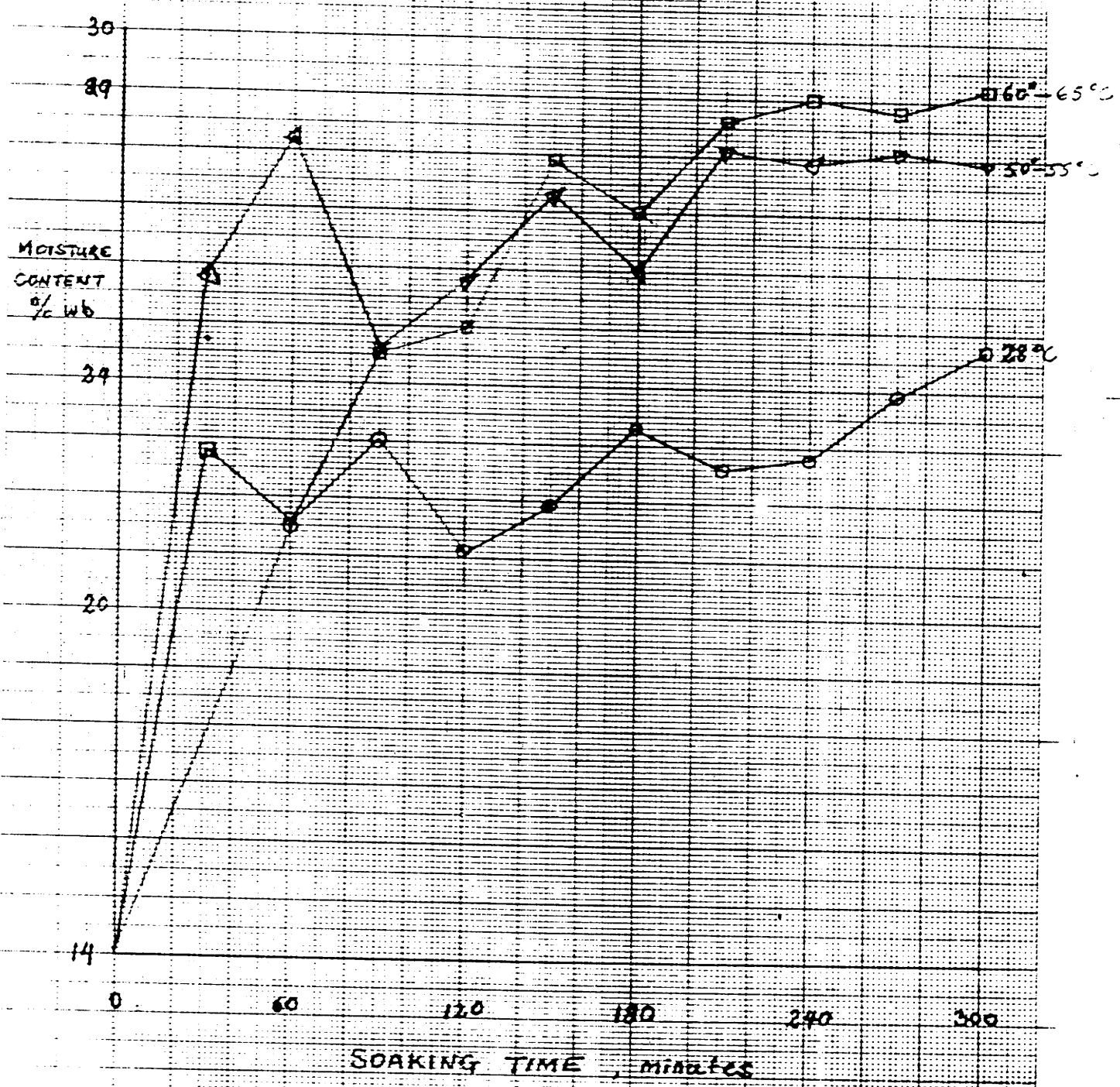
Hoo  
1196

7290

### EFFECT OF SOAKING WATER TEMPERATURE

### ON HYDRATION OF PADDY

• Mixed varieties ex LPMC Warehouse



## AVANT-PROPOS

L'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest a, entre autres tâches, celle d'assurer la formation du personnel de ses Etats membres aux divers aspects de la production, de la formation et de la recherche ayant trait à la riziculture.

A cette fin, le Département de la Formation de cette Association organise chaque année un certain nombre de cours à l'intention des personnes exerçant une activité dans le secteur rizicole. L'on peut citer à cet égard le cours des spécialistes de la production rizicole et le cours sur la technologie postérieure à la récolte.

Les travaux sur le processus d'étuvage du riz progressant chaque jour activement, il s'avère extrêmement malaisé de recommander un texte traitant le sujet de façon exhaustive. Cette considération nous a amené à rédiger un condensé de la littérature existant dans cette intéressante discipline.

Il est espéré que ce texte sera utile aux stagiaires de l'ADRAO participant au cours des spécialistes de la production rizicole et au cours sur la technologie postérieure à la récolte. Il fera également brièvement le point de la question pour tous ceux qui, en particulier dans la région de l'ADRAO, s'intéressent à l'étuvage du riz. Nous nous sommes efforcé de le rendre d'une lecture et d'une compréhension aisées, en tenant compte du niveau d'éducation moyen du personnel travaillant actuellement dans ce domaine au sein de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest.

.../...

Toute information utile ou critique de la part du lecteur qui serait susceptible de contribuer à la rédaction ultérieure d'une version améliorée de ce texte sera la bienvenue.

A.O. Adewusi  
Monrovia, 1982

## L'étuvage du riz

Ayo Adewusi

L'étuvage du riz est la cuisson partielle ou précuisson du produit brut.

Le processus d'étuvage remonte au tout début de l'histoire de la production de paddy. Il a fait en premier lieu son apparition en Inde, en Extrême-Orient et dans certaines régions de l'Afrique équatoriale, puis s'est répandu plus récemment sur d'autres continents. Certains auteurs estiment que ce processus a dû être, à l'origine, simplement utilisé par mesure d'hygiène, pour nettoyer les grains après que ceux-ci aient été battus, ou parce qu'il confère aux grains une dureté qui améliore la qualité du riz à l'usinage, ou encore pour les deux raisons à la fois.

Autrefois, le paddy était simplement mis à tremper dans l'eau (froide) pendant un certain temps, puis séché avant d'être stocké ou pilé manuellement.

Les premières études sur le riz étuvé datent du début de ce siècle. A cette époque, des recherches médicales ont attiré l'attention sur le fait que chez les populations consommatrices de ce type de riz, les cas de bérubéri (maladie endémique due à la carence de vitamine B<sub>1</sub> ou thiamine) étaient rares.

De nos jours, un cinquième environ du total du riz produit dans le monde est étuvé.

.../...

### L'étuvage dans la région de l'ADRAO

L'étuvage traditionnel se pratique presque partout dans la région de l'ADRAO, sauf en Côte d'Ivoire, en Mauritanie et au Sénégal où il est très rare. Il existe des installations d'étuvage industrielles en Sierra Leone, au Mali et au Nigeria.

Le processus traditionnel se compose essentiellement des opérations suivantes :

- a) L'on fait tout d'abord tremper le paddy dans de l'eau chaude ou froide pendant une période qui peut aller de quelques heures à deux ou trois jours. Pour ce faire, l'on utilise des fûts en acier ou des jarres en terre cuite. Dans certains pays comme le Bénin et le Libéria, où l'étuvage se fait immédiatement après la récolte, l'on ne procède à aucun trempage préalable.
- b) L'opération de trempage est immédiatement suivie par un traitement à la vapeur à la pression atmosphérique ou cuisson simple. Très souvent, l'on vide l'eau du récipient de trempage pour la remplacer par de l'eau fraîche avant de la porter à ébullition. L'on fait alors cuire le riz pendant trente à soixante-dix minutes. Dans certaines régions où l'eau fait défaut, l'eau de trempage n'est pas changé.
- c) A l'issue de ce traitement à la vapeur (ou cuisson), le paddy humide est mis à sécher au soleil.

Avant de passer à la description du processus d'étuvage moderne, il convient de comprendre quelles sont les transformations physico-chimiques subies par le grain de riz au cours des différentes opérations d'étuvage et de préciser certaines caractéristiques inhérentes aux variétés auxquelles ce traitement est appliqué.

.../...

### Caractéristiques du paddy

Les variétés de riz qui se prêtent le mieux à l'étuvage sont celles qui ont tendance à se briser à cause de la structure crayeuse de leur albumen ou celles qui rendent peu à l'usinage en raison des conditions particulières dans lesquelles elles ont été cultivées. Il s'agit notamment des variétés à grain long et mince.

L'étuvage de ces variétés à grain long et mince comporte certains avantages : en effet, les opérations de trempage et de cuisson sont plus faciles, car l'eau et la chaleur atteignent plus rapidement le centre de l'albumen.

D'autres caractéristiques du paddy peuvent modifier les résultats du traitement, tant du point de vue quantitatif que qualitatif, à savoir :

- a) La présence de grains partiellement ou entièrement décortiqués, qui risquent d'être détruits ou détériorés par le traitement; ils peuvent également perturber de diverses manières le fonctionnement de l'installation d'étuvage.
- b) L'aristation et la pilosité de la balle qui, en réduisant la densité du paddy, peuvent également diminuer la production de l'installation de traitement et parfois en rendre le fonctionnement difficile; les grains de ce type ont tendance à flotter à la surface de l'eau où s'accumulent des résidus.
- c) La couleur ou pigmentation de la balle, qui peut être dissoute par le trempage et la cuisson et pénétrer dans l'albumen, qui prend alors une couleur plus foncée.

.../...

d) La présence de moisissures ou d'une infection bactérienne qui, selon leur extension et leur pénétration en profondeur, affectent certaines substances chimiques qui se diffusent sous l'effet de la chaleur et provoquent l'apparition de taches foncées ou la coloration totale de l'albumen. Pour déterminer la profondeur de pénétration de l'infection ainsi que ses conséquences, il faut non seulement examiner le paddy, mais aussi le riz décortiqué.

e) La présence de grains endommagés (parfois légèrement) par suite de dégâts mécaniques ou de l'action des insectes. Si ces dégâts sont profonds, ils risquent de provoquer l'oxydation du produit traité.

f) La présence de grains verts, rouges (cuticule ou péri-carpe) ou tachés qui peuvent être affectés par le traitement et conférer une couleur plus ou moins foncée au produit usiné.

La principale différence entre l'étuvage moderne et traditionnel est que, dans le processus moderne, l'on tient compte des caractéristiques inhérentes et acquises ci-dessus mentionnées afin de produire un riz de haute qualité présentant la meilleure uniformité possible.

Ci-dessous sont décrites les principales opérations du processus d'étuvage moderne.

#### Prénettoyage et triage

Afin de prévenir toute fermentation en particulier pendant le processus de trempage, il est indispensable d'éliminer toutes les impuretés organiques mélangées au paddy.

.../...



Après nettoyage mécanique (tamisage, criblage, tararage, séparation par densité), l'on peut laver le paddy par flottation juste avant de le faire tremper. Ce procédé est similaire au vannage dans l'eau qui se fait traditionnellement pendant l'étuvage.

Après nettoyage, il se peut que le paddy contienne des grains partiellement ou entièrement décortiqués qu'il est nécessaire d'éliminer si l'on veut éviter que les grains ne soient sérieusement décolorés à la fin de toutes les opérations de traitement. L'on sépare donc ces grains mécaniquement en fonction de leur différence d'épaisseur ou de densité (trilage grains entiers / grains totalement ou partiellement décortiqués).

Pour obtenir des résultats uniformes au cours des opérations ultérieures d'étuvage, il est nécessaire de trier le paddy selon l'épaisseur des grains. Si les grains ne sont pas tous de la même taille, comme cela se produit souvent dans le cas des variétés mélangées, la gélatinisation de l'albumen ne pourra se faire de façon uniforme. En effet, les grains épais ont besoin d'un temps plus long de trempage et de traitement à la vapeur. Or, si l'on augmente le temps de traitement, les grains plus minces prendront une coloration plus foncée, deviendront plus durs et de forme plus compacte. Une fois usiné, le riz aura un aspect irrégulier, une durée de cuisson et des propriétés organoleptiques variables. Il apparaît donc de façon évidente que le paddy doit être divisé en lots auxquels seront appliqués des temps différents de trempage et de traitement à la vapeur.

.../...

### Trempage

Le processus de trempage doit permettre une absorption rapide et uniforme de l'eau par le grain, tout en évitant dans la mesure du possible que les glumelles ne s'ouvrent.

Cependant, il faut tenir compte du fait que les caractéristiques d'hydratation du paddy dépendent :

- a) de la variété agronomique
- b) des conditions de culture
- c) de la longueur du stockage.

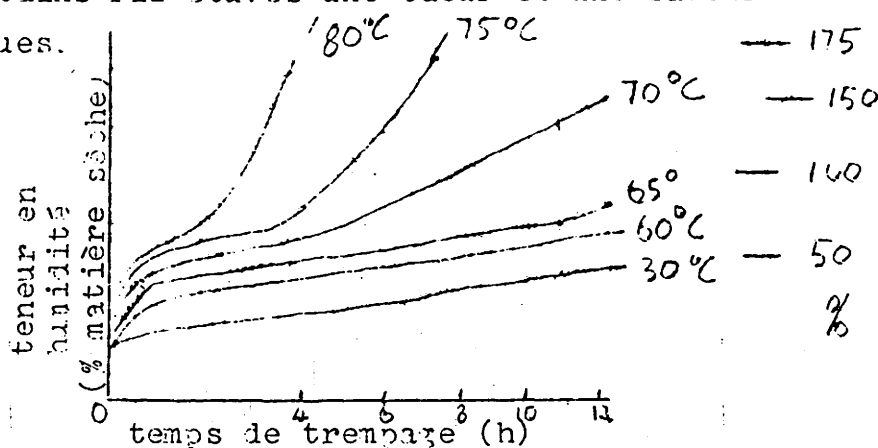
Un autre facteur d'une grande importance est la température de l'eau de trempage. Le processus d'hydratation peut également être accéléré par l'utilisation d'agents physiques et chimiques tels que le vide, la pression hydrostatique et l'addition d'agents mouillants comme le chlorure de calcium.

Au fur et à mesure que l'albumen absorbe l'eau, le grain augmente de volume. Les autres composantes hydrosolubles du grain se diffusent dans l'eau. Par conséquent, si la période de trempage est longue (comme c'est le cas dans la méthode traditionnelle), cela signifie que les vitamines, les sels et l'albumine se perdent dans l'eau. Ces substances ainsi que les impuretés mêlées au paddy forment des matières en suspension qui se décomposent et donnent lieu à une fermentation putride. Les produits de cette fermentation sont alors absorbés par le riz.

.../...

Lorsqu'on procède ensuite au traitement à la vapeur, les amino-acidés sulfurés présents dans le grain sont décomposés et dégagent de l'hydrogène sulfuré et d'autres sulfures organiques de faible poids moléculaire. La lignine contenue dans la balle peut également se décomposer et produire des alcools, etc. La combinaison des alcools et des composés sulfurés produit d'autres composés de nature malodorante tels que les mercaptans et les thiéthers qui donnent à certains riz étuvés une odeur et un saveur caractéristiques.

Fig 1



Pour mieux comprendre les effets de la température de l'eau de trempage sur la qualité du produit étuvé, il convient d'examiner certaines des transformations qui accompagnent l'absorption de l'eau par l'albumen amyloacé sous l'influence de la chaleur.

L'amidon du riz se compose essentiellement de deux fractions : l'amylose, de configuration linéaire, et l'amylopectine qui est extrêmement branchue. Dans le riz usiné non cireux, l'amylose peut constituer 7 à 33 % du poids sec ou 8 à 37 % de la teneur du grain en amidon. L'amylopectine, qui est la principale composante de l'amidon, est la seule fraction présente dans le riz cireux (glutineux).

Fig. 1 : Courbes de trempage de la variété de riz IR 8 à différentes températures

(Source : "Rice Postharvest Technology", CRDI, 1976, p. 171)

Comme il a été indiqué plus haut, les variétés à grain long et mince sont celles qui se prêtent le mieux à l'étuvage. Comme ces variétés ont en général une forte teneur en amylose, nous limiterons ici la discussion au rôle de l'amylose.

Au fur et à mesure que la fraction constituée d'amylose absorbe l'eau à haute température, elle gonfle de façon irréversible. Sa forme, granulaire à l'origine, devient pâteuse. C'est ce qu'on appelle le processus de gélatinisation. Cette transformation se produit dans une certaine gamme de température et le degré de gélatinisation dépend de la teneur en humidité du caryopse ainsi que de la durée de son exposition à une forte température. Cependant, au fur et à mesure que le granulé se disperse et que sa structure est détruite, le comportement de la pâte dépend davantage de sa structure moléculaire (par exemple, de sa teneur en amylose) que de sa structure physique antérieure. Il est à noter, d'autre part, que l'amylose continue d'absorber l'eau au-delà de la température de gélatinisation. Sur le plan de la sélection, une augmentation de la teneur en amylose permet d'améliorer la capacité du granulé d'amidon à absorber l'eau et à augmenter de volume sans en perdre du fait que d'amylose a une plus grande capacité de liaison d'hydrogène ou de rétrogradation. La texture du riz cuit et son brillant sont principalement déterminés par le rapport amylose/amylopectine de l'amidon.

Si la température de l'eau de trempage est supérieure à la température de gélatinisation de l'albumen amylicé, l'hydratation se fait plus rapidement. Par conséquent, les

.../...

glumelles se fissurent dans une certaine mesure, de sorte qu'une partie du grain se trouve exposée à l'eau et qu'une grande part des substances hydrosolubles se perd. Une température d'eau inférieure à la température de gélatisation accroît de façon proportionnelle le temps d'hydratation tout en réduisant la quantité d'eau absorbée, la fissuration des glumelles et la quantité de substances solubles en suspension.

D'après bon nombre de résultats expérimentaux, la température la plus adéquate pour le trempage se situe entre 60 et 70°C.

#### Traitement à la vapeur

L'utilisation de la vapeur est très courante dans les installations d'étuvage modernes. On la préfère aux autres méthodes de chauffage pour les raisons suivantes :

- 1) la vapeur n'enlève pas d'humidité au riz, mais au contraire en apporte par sa condensation;
- 2) elle fournit beaucoup de chaleur à température constante;
- 3) la vapeur est "stérile" et inodore;
- 4) son transport par tuyaux est facile;
- 5) on peut l'employer en premier lieu pour produire de l'énergie et ensuite pour chauffer le riz.

Cependant, il faut prendre en considération les points suivants :

- a) vapeur saturée ou surchauffée
- b) pression de la vapeur
- c) durée du traitement à la vapeur.

.../...

Pendant le processus de traitement à la vapeur, les substances hydrosolubles (protéines, vitamines, etc.) passent dans l'amidon et s'y fixent. Avec le séchage effectué ultérieurement, cela a pour avantage de protéger de façon appréciable les éléments nutritifs qui sont sinon partiellement éliminés au cours du processus d'usinage.

Du point de vue du comportement au stockage, il se produit une inactivation totale ou partielle des enzymes contenus dans le grain, ce qui empêche toute dégradation d'origine enzymatique de se produire en cours de stockage.

De plus, les fêlures ou fissures présentes sur le caryopse avant le traitement sont comblées pendant la phase de gélatinisation de l'amidon. Avec le séchage, ces fissures sont colmatées, ce qui augmente le rendement en grains entiers à l'usinage.

Les graisses et les huiles contenues dans le grain se dissolvent et se diffusent uniformément. En cas de stockage prolongé, le riz étuvé a tendance à rancir par suite de l'oxydation des graisses.

Il est également intéressant de noter que le traitement à la vapeur "pasteurise" le stock de paddy. Il détruit dans une très large mesure les micro-organismes ainsi que les oeufs et les larves d'insectes qui, après le nettoyage, peuvent encore se trouver dans le paddy.

Bien que la vapeur soit stérile, il peut arriver que le riz soit contaminé de la façon suivante : l'eau et la chaleur peuvent déclencher des réactions chimiques entre les matériaux du récipient et certaines composantes du riz. L'on peut presque toujours trouver du sulfure de fer dans l'eau si l'on utilise des autoclaves en fer et des analyses précises du paddy étuvé ont démontré que sa teneur en fer est alors plus élevée qu'avant le traitement. Aussi le choix du matériau du récipient est-il extrêmement important.

Comme il a été mentionné précédemment, la pression de la vapeur durant le traitement à la chaleur est un autre point auquel il faut prêter attention, surtout si l'on considère la couleur du produit fini. D'après les principes thermodynamiques, la pression de la vapeur détermine sa température; plus la pression est forte, plus la température est élevée.

Si l'on chauffe le paddy avec de la vapeur non pressurisée (température  $\leq 100^{\circ}\text{C}$ ), il ne se produit que des variations minimales quant à la couleur, la quantité d'amidon soluble et la capacité de gonflement du riz étuvé usiné.

Par contre, si la température de la vapeur dépasse  $100^{\circ}\text{C}$ , les grains prennent une couleur plus foncée.

L'on suppose, dans l'un et l'autre cas, que le traitement du lot de paddy à la vapeur se fait uniformément.

Lorsque le traitement à la chaleur est insuffisant, le processus de gélatinisation de l'albumen risque de ne pas être complet. L'expérience montre que les grains dont la gélatinisation n'est pas totale sont très fragiles. Le rendement en grains entiers à l'usinage se trouve alors réduit par suite d'un taux élevé de brisures.

Birch et Priestley ont mis au point une méthode ("Degree of Gelatinization of Cooked Rice", Die Starke, 25(3) : 98, 1973) pour estimer le degré de gélatinisation de l'albumen en se basant sur l'indice de la coloration en bleu de l'amylose par l'iode. L'on traite de la semoule de riz sèche avec une solution à 10 % d'hydroxyde de potassium.

.../...

Ce mélange est centrifugé et le liquide surnageant est traité avec une solution à 0,5 M d'acide chlorhydrique et un réactif iodé. L'absorbance se lit à 600 nm sur un spectrophotomètre en comparant avec un témoin réactif. L'on répète cette opération avec différents volumes de solutions d'hydroxyde de potassium et d'acide chlorhydrique. Le rapport entre les deux valeurs d'absorbance obtenues pour chaque échantillon permet de déterminer le degré de gélatinisation de l'amidon.

### Séchage

A l'issue du processus d'étuvage, le paddy, dont la teneur en humidité est alors élevée, doit être séché. Les aspects théoriques et pratiques de la déshydratation du paddy ont été traités dans le texte "Dryers and Grain Drying" ("Séchoirs et séchage des grains").

### Avantages et inconvénients de l'étuvage

En général, le processus d'étuvage présente les avantages suivants :

- a) Le riz étuvé est plus facile à décortiquer du fait que la balle est fissurée pendant le traitement.
- b) L'étuvage confère au grain une résistance qui réduit le taux de brisures.
- c) Le riz étuvé conserve davantage de protéines, vitamines et minéraux qu'un riz usiné non étuvé de la même variété.
- d) Etant plus dur, le riz étuvé lorsqu'il est stocké, résiste mieux aux attaques des insectes que le riz non étuvé.
- e) Pendant la cuisson, moins de substances solides se perdent dans l'eau.



f) Le riz étuvé, même s'il est trop cuit, ne devient pas pâteux.

g) Le son du riz étuvé contient environ 30 % d'huile, tandis que celui du riz non étuvé n'en contient qu'environ 15-20 %.

Cependant, l'étuvage a les inconvénients suivants :

a) Le traitement à la chaleur détruit certains anti-oxydants naturels, de sorte que le riz étuvé a davantage tendance à rancir en cours de stockage que le riz non étuvé.

b) A la cuisson, le riz étuvé prend plus de temps à atteindre le même degré de tendreté que le riz non étuvé; par ailleurs, le traitement peut lui conférer une saveur, une texture, une odeur et une couleur caractéristiques qui ne sont pas appréciées de tous les consommateurs.

c) Le riz étuvé ayant une forte teneur en humidité pendant une longue période, il risque de s'y développer des mycotoxines dangereuses pour la santé humaine.

d) Pour pouvoir usiner et stocker le paddy étuvé, il est nécessaire de ramener sa teneur en humidité de 45-50 % à 14-16 %, ce qui augmente les coûts de séchage et donc les coûts totaux de traitement du riz.

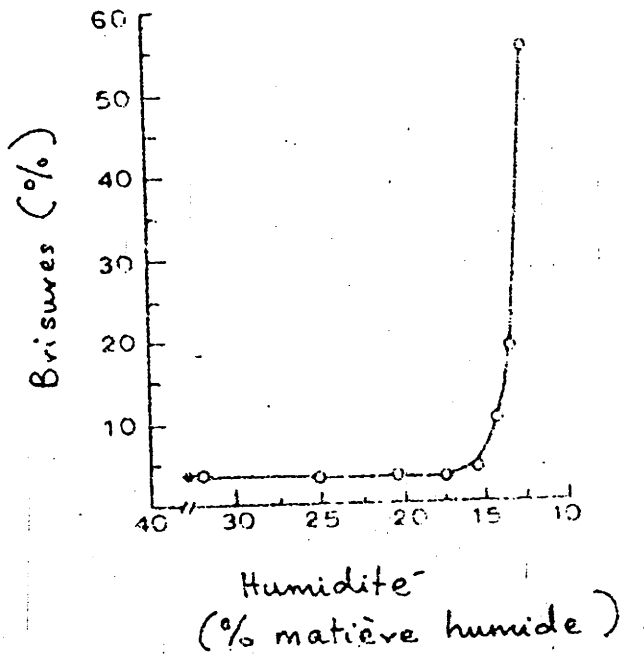
e) Le riz étuvé, une fois décortiqué, est plus difficile à polir du fait qu'il a acquis une plus grande dureté. Par conséquent, le débit de la rizerie se trouve réduit et la puissance d'usinage requise est plus élevée.

f) Le paddy étuvé risque d'obstruer le polisseur du fait que le son a une teneur en huile plus élevée.

g) Enfin, le processus d'étuvage implique un investissement supplémentaire.

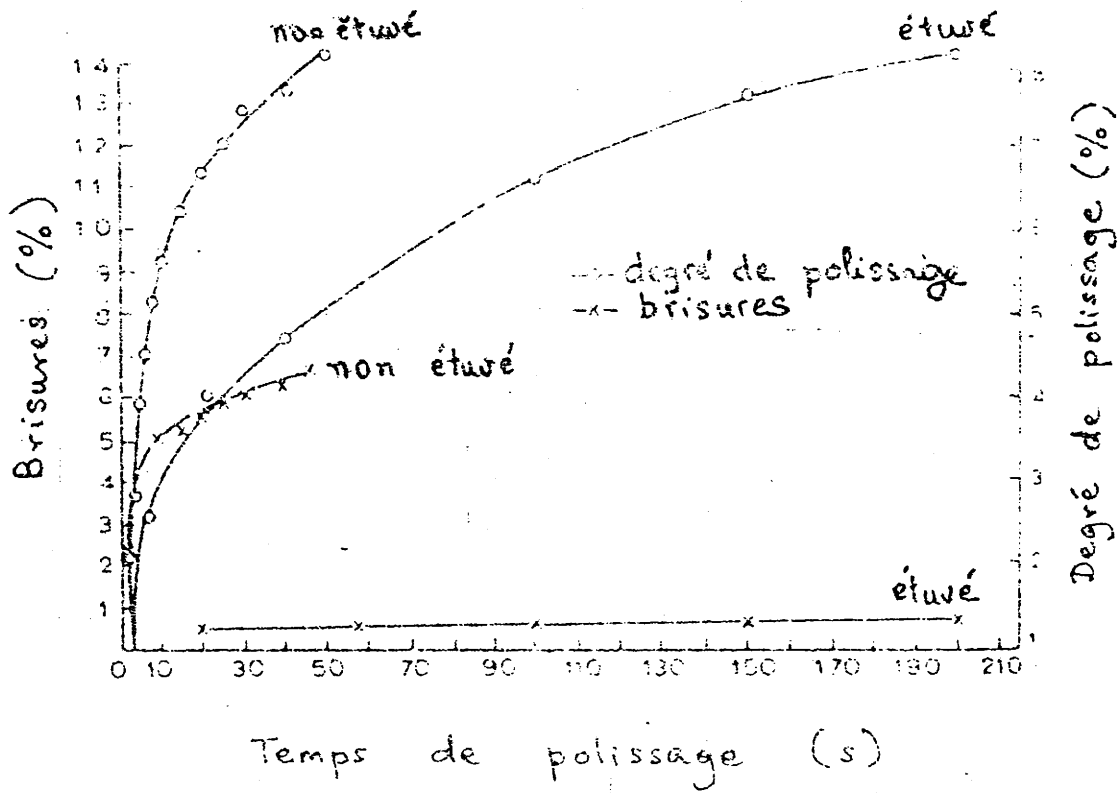
.../...

Changement de qualité à l'usinage  
du paddy étuvé durant un  
processus de séchage continu  
dans un séchoir LSU



Source : "Rice Postharvest Technology",  
1976. CRDI, Canada.

Effets de la longueur du temps d'usinage sur le taux de brisures et le degré de polissage du riz.



Source: "Rice Postharvest Technology"  
1976. CRDI, Canada.

Teneur en vitamines du riz  
étuvé et non étuvé

	Riz cargo	Riz non étuvé	Riz étuvé
Vitamines B, $\mu\text{g}/\text{g}$			
thiamine	4,2	0,80	2,57
niacine	47,2	18,1	39,8
pyridoxine	10,3	4,5	-
acide panthénique	17,0	6,4	-
riboflavine	0,53	0,26	0,36
Protéines, %	8,3	7,6	7,8

Source : "Modernization in Rice Industry", 1969,  
Indian Institute of Management, Ahmedabad

.../...

Comparaison des coûts de production  
pour 1 t de riz étuvé et non étuvé (Kisan  
Krishi Yantra Udyog, 1972)

	Coût du riz non étuvé (Rs)	Coût du riz étuvé (Rs)
Coût du paddy	500,00	500,00
Faux frais, transport, manuten- tion, etc.	12,00	12,00
Amortissement des sacs de jute (réutilisés 6 fois)	6,00	6,00
Frais de séchage	10,00	-
Frais d'étuvage et de séchage	-	18,00
Frais d'usinage	<u>23,00</u>	<u>23,00</u>
<u>Coût total</u>	551,00	559,00
Moins valeur en espèces des sous- produits :		
- brisures du riz non étuvé (60 kg à Rs 600/t)	36,00	-
- son du riz non étuvé (29 kg à Rs 350/t)	8,75	-
- son du riz étuvé (28 kg à Rs 450/t)	-	12,69
Coût net du riz converti en espèces	506,25	546,40
Coût par kg (riz non étuvé 620 kg plus 60 kg de brisures; riz étuvé 710 kg)	0,82	0,77
Frais d'emballage	<u>0,02</u>	<u>0,02</u>
<u>Coût total par kilogramme</u>	0,84	0,79

Note : (1) Il existe une différence de coût de 5 paise/  
kg de riz produit;

(2) Si l'on estime qu'environ 50 % du riz produit  
en Inde étuvé, il serait possible d'écono-  
miser au moins Rs 50 x 20 x 10<sup>6</sup> = Rs 1.000  
millions/an.

Source : " Rice Postharvest Technology", 1976, CRDI, Canada

.../...

REFERENCES

1. Bakshi, A.S., Singh, R.P., "Kinetics of Water Diffusion and Starch Gelatinization during Rice Parboiling" J. of Food Science, Vol. 45 (1980)
2. Gariboldi, F., "Thermic and Hydrothermic Processes of Pretreating Rice and Milling Byproducts". Riso 22(6) : 353, (1973)
3. Nawab, A., Pandya, A.C., "Basic Concepts of Parboiling Paddy", J. Agric. Engr. Res. (19) : 111 (1974)
4. Edited, Houston, D.F., "Rice Chemistry and Technology" American Association of Cereal Chemists, St. Paul Minn., 1972
5. DeDatta, S.K., "Principles and Practices of Rice Production", John Wiley & Sons, U.S.A., 1981
6. Van Ruiten, H., Rozeboom, H.P., "Technologie du riz pendant et après la récolte dans la région de l'ADRAO", Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO), Monrovia, 1980
7. Anon, "Rice Parboiling Plants", F.H. Schule, Ltd., Brochure no. 1734 c. Hambourg, Ed. 1971
8. Biswas, D. et al "Effects of High Temperature and Moisture for Pre-Conditioning Rice for Milling", Rice Journal, Avril 1969
9. Priestley, R.J., "Studies on Parboiled Rice", 1. Comparison of the Cooking Characteristics of Raw and Parboiled Rice". Wood Chem. 1(1) : 5, 1976

.../...

10. Priestley, R.J., "Studies on Parboiled Rice",  
2. Quantitative Study of the Effects of Steaming on  
Various Properties of Parboiled Rice", Food Chem.  
1(2) : 139, 1976
11. Wang-Lai Chang and Wan-Ying Li, "Inheritance of  
Amylose Content and Gel Consistency in Rice", Bot.  
Bull. Academia Sinica, 22 : 35-47 (1981)
12. Birch J., & Priestley, "Degree of Gelatinization of  
Cooked Rice", Die Starke 25(3) : 93 (1973)
13. Cagampanz et al "A Gel Consistency Test for Eating  
Quality of Rice" J. Sci. Food Agr. 24 : 1589-1594 (1973)
14. Khush et al "Rice Grain Quality Evaluation and In-  
provement at IRRI , Chemical Aspects of Rice Grain  
Quality", IRRI, Philippines, 1979.
15. Bor S. Luh & Robert R. Mickus, "Rice : Production  
and Utilization", Avi Publ. Co. Inc., Westport, Conn., 1980
16. Araullo, E.V., de Padua, D.B., & Michael Graham (Ed.)  
"Rice Postharvest Technology" CRDI, Ottawa, 1976
17. Juliano, B.O., "Studies on Some Physicochemical Pro-  
perties and the Biosynthesis of Rice Starch", J. Japan  
Soc. Starch Sci. 18 : 35 (1970)
18. Juliano, B.O., Albano, Ester L., and Cagampanz, Floria  
B., "Variability in Protein Content, Amylose Content  
and Alkali Digestibility of Rice Varieties in Asia",  
Philippine Agriculturist 43 : 234 (1964)
19. Juliano, B.O., Onate, Luz U., and Del Mundo, Angelita  
M., "Relation of Starch Composition, Protein Content  
and Gelatinization Temperature to Cooking and Eating  
Qualities of Milled Rice", Food Technol. 19 : 1006  
(1965)