

CARACTÉRISATION PHYSICO CHIMIQUE ET TECHNOLOGIQUE DES VARIÉTÉS DE MIL PENNISETUM GLAUCUM (L.) R. BR.) OUEST AFRICAINES

Béninga Marboua Békoye

Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Fifteen (15) west African pearl millet varieties comprising eight (8) from Senegal and seven (7) from Côte d'Ivoire were characterized for their physico-chemical and technological qualities. Thousand grains weight ranged from 5.98 g to 9.94 g; Mean and standard deviation values for this parameter were respectively 8.03 g and 0.18. Five Côte d'Ivoire varieties and three from Senegal are above this mean value. They are SRR2, VPCN, VPNW, VPNE and LOCAL FERKE for Côte d'Ivoire and for Senegal : ISMI 9102, ISMI 9301 and ISMI 9303. Having the highest 1000 grains weight, they consequently will present better outputs potential millers. The contents of proteins ranged from 8.31 % to 12.01 % for all the varieties with 10.52 % mean value. All Senegalese varieties are above the mean value while only one Côte d'Ivoire variety (VPP) is above. Fat content in the grains values ranged from 4.75 % to 5.90 % and the mean value is 5. 14. Five varieties from Senegal and three from Côte d'Ivoire are superior to the mean. The best varieties for fat contents were ISMI 9102, ISMI 9303, ISMI 9305 and SOUNA 3 for Senegal then SRR2, VPNE and LOCAL FERKE for Côte d'Ivoire. The phosphorus contents mean value is 0.30 for the fifteen varieties. Five Senegalese varieties and three Côte d'Ivoire varieties are above this mean value. Results of technological analysis showed that when particle size index (PSI) and abrasive hardness index (AHI) were combined, varieties SRR1, VPCN, VPP and SRR2 from Côte d'Ivoire and varieties ISMI 9203, ISMI 9304, ISMI 9102 and SOUNA 3 from Senegal present good aptitude to decortication.

Keywords: Pearl millet varieties, Senegal, Ivory Coast

Résumé

Quinze (15) variétés de mil ouest africaines dont huit (8) du Sénégal et sept (7) de la Côte d'Ivoire ont été caractérisées aux plans physico chimique et technologique. Les caractéristiques les plus recherchées pour le mil sont un bon rendement en grains, un taux élevé de protéines et une bonne aptitude au décorticage.

Le poids de 1000 grains a varié de 5,98 g à 9,94 g. La moyenne et l'écart type de ce paramètre pour l'ensemble des variétés étant respectivement de 8,03 g et 0,18 ; cinq (5) variétés ivoiriennes et trois (3) sénégalaises se situent au dessus de cette moyenne. Ce sont pour la Côte d'Ivoire : SRR2, VPCN, VPNE et LOCAL FERKE et pour le Sénégal : ISMI 9102, ISMI 9301 et ISMI 9303. Ces huit (8) variétés toutes origines confondues ayant les poids de 1000 grains les plus élevés produiront en conséquence un meilleur rendement en farine lors de la mouture. Les taux de protéines ont varié de 8,31 % à 12,01 % pour l'ensemble des variétés avec une moyenne générale de 10,52 %. Toutes les variétés sénégalaises ont des taux de protéines au dessus de la moyenne alors qu'une (1) seule variété (VPP) sur les sept (7) ivoiriennes obtient un taux de protéines au dessus de 10,52 %. Les taux de lipides ont été de 4,75 % à 5,90 % présentant une moyenne générale de 5,14. Cinq (5) variétés sénégalaises et trois (3) ivoiriennes se situent au dessus de la moyenne. Ce sont ISMI 9102, ISMI 9303, ISMI 9305 et SOUNA 3 pour le Sénégal puis SRR2, VPNE et LOCAL FERKE pour la Côte d'Ivoire. Le taux moyen de phosphore étant de 0,30 pour l'ensemble des variétés, on dénombre cinq (5) variétés sénégalaises et trois (3) variétés ivoiriennes au dessus de cette moyenne.

L'analyse technologique a montré que la combinaison des paramètres PSI et AHI permet d'identifier les variétés les plus aptes au décorticage qui sont pour la Côte d'Ivoire SRR1, VPCN, VPP et SRR2 et pour le Sénégal, ISMI 9203, ISMI9304, ISMI 9102 et SOUNA 3.

Mots clés : VARIÉTÉS DE MIL, Senegal, Côte d'Ivoire

Introduction

Le mil est la sixième céréale cultivée dans le monde (FAO, 2005). Sur 28 millions de tonnes de mils globalement produites entre 1992 et 1994 ; 15 millions concernent le petit mil ou mil pénicillaire. Cette céréale est considérée comme l'une des plus importantes cultures des zones semi-arides d'Afrique et d'Asie (Hadimani et *al.*, 2001) parce qu'elle contribue à la sécurité alimentaire dans ces régions (ICRISAT et FAO, 1996). Selon Elyas et *al.* (2002), le mil est cultivé sur 26 millions d'hectares au monde. En Afrique et en Inde, le mil sert à l'alimentation humaine (Abdalla et *al.*,

1988a) alors que dans les pays développés, le mil est utilisé comme plante fourragère (ICRISAT et FAO, 1996).

Dans l'optique de contribuer à l'amélioration de la productivité du mil et de satisfaire la demande des populations en augmentation croissante, de nombreux programmes ouest-africains de recherche ont entrepris de sélectionner de nouvelles variétés plus productives, résistantes aux maladies et insectes. Cependant, ces nouvelles variétés n'ont pas été caractérisées aux plans physico chimiques et technologiques. L'objectif de ce travail a été donc de déterminer les caractéristiques physico chimiques et technologiques de quinze variétés de mil ouest africaines.

Matériel et méthodes

Le matériel utilisé (tableau 1) est constitué de 15 variétés. Sept de ces variétés dont six (6) améliorées et un (1) témoin local proviennent du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) en Côte d'Ivoire. Les 8 autres variétés dont sept (7) améliorées et un (1) témoin local ont été fournies par l'Institut Sénégalais de Recherche Agronomique (ISRA).

Les paramètres déterminés ont été le poids de 1000 grains, les taux de protéines, de cendres, de phosphore, de matières grasses ; la dureté et l'indice de dureté des grains de même que la corrélation entre les taux de décorticage et les teneurs en cendres, lipides et phosphore.

Les protéines ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl (1973), les cendres ont été mesurées par incinération (méthode 923-03, AOAC, 1990), les taux de phosphore ont été dosés par les méthodes de références utilisées pour les végétaux par Pinta (1973) et les matières grasses après extraction au soxhlet avec de l'éther de pétrole à 40-60°C pendant 6-8 heures ont été déterminées par gravimétrie selon la méthode AOCS (1990) .

La dureté des grains exprimée par l'indice des tailles de particules (particle size index ou PSI) a été évaluée par la méthode Fliedel *et al.*, (1989). L'indice de dureté (abrasive hardness index ou AHI) a été déterminé par la méthode Oomath *et al.*, (1981).

Tableau 1: Matériel végétal employé pour la caractérisation physicochimique et technologique.

N° d'ordre	Variété	Origine
1	ISMI 9101	ISRA SENEGAL
2	ISMI 9102	ISRA SENEGAL
3	ISMI 9203	ISRA SENEGAL
4	ISMI 9301	ISRA SENEGAL
5	ISMI 9303	ISRA SENEGAL
6	ISMI 9304	ISRA SENEGAL
7	ISMI 9305	ISRA SENEGAL
8	SOUNA 3	ISRA SENEGAL
9	SRR1	CNRA COTE D'IVOIRE
10	SRR2	CNRA COTE D'IVOIRE

11	VPCN	CNRA COTE D'IVOIRE
12	VPNW	CNRA COTE D'IVOIRE
13	VPNE	CNRA COTE D'IVOIRE
14	LOCAL DE FERKE	CNRA COTE D'IVOIRE
15	VPP	CNRA COTE D'IVOIRE

Résultats et discussion

Les données relatives aux poids de 1000 grains sont présentées au tableau 2.

Tableau 2 : Poids de 1000 grains des variétés de mil de l'ISRA et du CNRA

Variétés	Origine	Poids de 1000 grains
ISMI 9101	ISRA	8,03 ± 0,02
ISMI 9102	ISRA	8,04 ± 0,02
ISMI 9203	ISRA	6,51 ± 0,01
ISMI 9301	ISRA	8,23 ± 0,18
ISMI 9303	ISRA	8,58 ± 0,04
ISMI 9304	ISRA	6,95 ± 0,17
ISMI 9305	ISRA	6,98 ± 0,05
SOUNA 3	ISRA	7,98 ± 0,06
SRR1	CNRA	5,98 ± 0,06
SRR2	CNRA	8,50 ± 0,46
VPCN	CNRA	9,07 ± 0,28
VPNW	CNRA	8,42 ± 0,34
VPNE	CNRA	9,94 ± 0,38
LOCAL FERKE	CNRA	9,41 ± 0,36
VPP	CNRA	7,91 ± 0,30

Ces poids ont varié de 6,51g à 8,58 g pour les variétés provenant de l'ISRA au Sénégal. La variété améliorée ISMI 9303 a donné les grains les plus lourds avec 8,58 g et la variété ISMI 9203 les grains les moins lourds avec 6,51g.

Les variétés du CNRA ont eu des poids variant de 5,98 à 9,94 g. Les grains les plus lourds ont été ceux des variétés SRR2, VPCN, VPNW, VPNE et LOCAL FERKE.

Les variétés CNRA ont en moyenne des poids de mille grains supérieurs à ceux de l'ISRA puisque sur sept variétés ivoiriennes, cinq sont au dessus de la moyenne alors que seulement trois variétés sénégalaises sur huit sont au dessus de la moyenne.

Les variétés CNRA étant de cycle plus long par rapport aux variétés sénégalaises, il apparaît que plus le cycle est long, plus la densité des grains est importante. Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux de Cheik *et al.*, (2006) et des valeurs généralement obtenues pour le mil (FAO, 1995). Le poids de mille grains est une caractéristique variétale qui est influencée par la taille du grain. Ce poids permet de prévoir le rendement en farine des grains de céréales. Kairwal *et al.*, (1997) ont observé qu'il existe

une corrélation positive entre le temps de cuisson et le poids de mille grains de diverses céréales.

Les résultats des analyses biochimiques figurent dans le tableau 3.

Tableau 3 : Analyses biochimiques des variétés de mil de l'ISRA et du CNRA (en gras).

Variétés	Etat	Protéines (%)	Lipides (%)	Cendres (%)	Phosphore (%)
ISMI 9101	Décortiqué	12,01	5,03	1,82	0,32
	Non décortiqué	13,49	5,44	1,40	0,29
ISMI 9102	Décortiqué	11,81	5,24	1,77	0,29
	Non décortiqué	12,52	5,40	1,40	0,29
ISMI 9203	Décortiqué	11,29	4,84	1,72	0,31
	Non décortiqué	13,32	5,08	1,44	0,28
ISMI 9301	Décortiqué	11,69	5,00	1,95	0,31
	Non décortiqué	13,56	5,36	1,40	0,28
ISMI 9303	Décortiqué	11,57	5,90	1,59	0,29
	Non décortiqué	13,63	5,78	1,28	0,29
ISMI 9304	Décortiqué	11,29	5,17	1,55	0,30
	Non décortiqué	12,75	5,13	1,34	0,27
ISMI 9305	Décortiqué	11,06	5,21	1,61	0,33
	Non décortiqué	12,70	5,10	1,37	0,30
SOUNA 3	Décortiqué	11,23	5,26	1,89	0,31
	Non décortiqué	12,50	5,17	1,40	0,30
SRR1	Décortiqué	8,31	5,00	1,37	0,31
	Non décortiqué	8,63	5,04	1,27	0,24
SRR2	Décortiqué	8,66	5,23	1,36	0,26
	Non décortiqué	8,88	4,97	1,20	0,24
PCN	Décortiqué	10,06	5,00	1,53	0,32
	Non décortiqué	10,21	4,97	1,24	0,33
VPNW	Décortiqué	9,73	4,63	1,37	0,26
	Non décortiqué	9,81	4,85	1,11	0,22
VPNE	Décortiqué	8,94	5,37	1,46	0,33
	Non décortiqué	9,15	5,28	1,33	0,24
LOCAL FERKE	Décortiqué	9,17	5,54	1,72	0,30
	Non décortiqué	9,31	5,04	1,49	0,31
VPP	Décortiqué	10,94	4,75	1,60	0,27
	Non décortiqué	10,94	4,90	1,25	0,26

Taux de protéines

Les taux de protéines après décortilage ont varié de 11,06 % à 12,01 % pour les variétés de l'ISRA et de 8,31 % à 10,94 % pour celles du CNRA. Parmi les variétés de l'ISRA, c'est la variété ISMI 9101 qui possède le pourcentage de protéines le plus élevé après décortilage avec 12,01 % alors que le taux le moins élevé est celui d'ISMI 9305. Quant aux variétés CNRA, le pourcentage de protéines le plus élevé après décortilage a été observé chez la variété VPP avec 10,94 % et le moins élevé (8,31 %) chez la variété SRR1. Il faut noter que les variétés sénégalaises ont des pourcentages de protéines plus élevés que ceux observés en Côte d'Ivoire. Béninga (2011) a

montré que les variétés de mil des zones plus humides de la Côte d'Ivoire sont moins riches en protéines que celles provenant des zones plus sèches. Les résultats auxquels nous sommes parvenus sont similaires à ceux obtenus par Cheik *et al.*, (2006) sur les variétés du Burkina Faso, par Subramamian *et al.*, (1986) sur les cultivars indiens et par Abdalla *et al.*, (1998b) sur les cultivars soudanais.

Taux de lipides

Les taux de lipides ont varié de 5,03 % à 5,90 % pour les variétés sénégalaises et de 4,75 % à 5,54 % pour les variétés ivoiriennes. La variété sénégalaise ISMI 9101 a le taux le plus faible et la variété ISMI 9303 le taux le plus élevé. La variété ivoirienne VPP a le taux le plus faible et le local de Ferké le taux le plus élevé. Des taux de lipide du même ordre de grandeur ont été rapportés par Jain et Bal (1997). Taylor (2004) et Cheik *et al.*, (2006). Hulse *et al.* (1980) ; Jambunathan et Subramanian (1988) ont obtenus des résultats identiques sur le mil, le sorgho, le maïs, le riz et le blé. Comparée aux autres céréales, la farine de mil est riche en lipide. Cela vient de l'impossibilité de dissocier pendant le décorticage des grains de mil, l'endosperme du germe très riche en matières grasses (Jelum et Powel, 1971, De Francisco *et al.*, 1982, Adeola et Orban, 1995)). La richesse de la farine de mil en lipide limite sa conservation à cause des réactions d'hydrolyse et d'oxydation.

Taux de cendres

Les pourcentages de cendres ont été plus faibles sur le mil décortiqué et ont varié de 1,55 % à 1,95 % pour les variétés de l'ISRA et de 1,36 % à 1,72 % pour les variétés CNRA. Ces pourcentages diffèrent de ceux présentés par Barrion (2008) et Cheik *et al.*, (2006). Ces différences sont dues certainement aux conditions environnementales comme le sol, le climat.

Taux de phosphore

Les taux de phosphore ont été de 0,29 % à 0,33 % pour les variétés sénégalaises et de 0,26 % à 0,33 % pour les variétés ivoiriennes. Ces taux sont inférieurs à ceux obtenus par Abdalla *et al.*, (1998b) sur des variétés différentes de mil et dépendent on le sait de la nature du sol et des engrais qui y sont appliqués. Par ailleurs, le décorticage et la mouture réduisent significativement le niveau de ces microéléments (Chowdhury et Punia, 1977 ; Hadimani et Malleshi, 1993 ; Slavin *et al.*, 2001)..

La comparaison des rendements en grains par hectare et des teneurs en protéines est donnée au tableau 4.

Tableau 4 : Comparaison des rendements en grains par hectare et des teneurs en protéines

Variétés	% Protéines de mil décortiqué	Rendement en grains (kg/ha)
ISMI 9101	12,01	1582
ISMI 9102	11,81	1800
ISMI 9301	11,69	1858
ISMI 9203	11,29	2141
ISMI 9304	11,29	2199
ISMI 9303	11,57	2218
ISMI 9305	11,06	2276
SOUNA 3	11,23	2360
SRR1	8,31	2472
SRR2	8,66	2276
VPCN	10,21	1973
VPNW	9,73	1861
VPNE	9,15	1471
LOCAL FERKE	9,17	1298
VPP	10,94	1036

Il apparaît à la lecture du tableau 4 que les teneurs en protéines des variétés CNRA et des variétés ISRA sont inversement proportionnelles aux rendements en grains obtenus à l'hectare (tableau 4). Seule la variété VPCN avec une bonne production de 1973 kg / ha a donné aussi un taux de protéines élevé de l'ordre de 10,21 %.

Les coefficients de corrélation entre les pourcentages de protéines et les rendements en grains suivants ont été observés : $r = 0,95$ pour les variétés ISRA et $r = 0,66$ pour les variétés CNRA

En effet, ces valeurs indiquent que ce sont les variétés les moins productives qui donnent les plus fortes teneurs en protéines.

La matrice de corrélation établie à partir de 60 échantillons entre les pourcentages de décortilage, de cendres, de phosphore et de lipides est donnée au tableau 5.

Tableau 5 : Corrélation entre le taux de décortilage et les teneurs en cendres, lipides et phosphore.

	% décortilage	% cendres	% phosphore	% lipides
% décortilage	1			
% cendres	- 0,82	1		
% phosphore	- 0,32	0,426	1	
% lipides	- 0,717	0,494	0,17	1

Concernant le PSI (Particle Size Index), les variétés du Sénégal ont en moyenne des indices plus bas (5,5 %) que celles du CNRA (9 %). La variété ISMI 9101 a un PSI de 2,5 à 5 fois plus élevé que toutes les autres variétés. La variété locale de Ferkessédougou a présenté un AHI (Abrasive

Hardnes Index) plus élevé. La combinaison des paramètres PSI et AHI a permis d'identifier les variétés les plus aptes au décortiquage qui sont pour la Côte d'Ivoire, SRR1, VPCN, VPP et SRR2 et pour le Sénégal, ISMI 9203, ISMI 9304, ISMI 9102 et SOUNA 3. L'aptitude au décortiquage est une donnée importante à noter puis qu'elle intervient sur le comportement du grain au cours de sa transformation primaire et secondaire (Fliedel *et al.*, 1989). Au niveau de la mouture, la dureté a une influence sur la finesse du produit final, le comportement au tamisage, c'est-à-dire la proportion relative de semoules et farines obtenues et donc le rendement d'extraction. Elle détermine également la dureté du broyage et les dépenses d'énergie nécessaires à l'obtention du produit final. C'est une notion importante dans les pays en développement où la plupart des céréales sont transformées traditionnellement chaque jour par les femmes à l'aide du mortier et du pilon ou par des moulins du village. Dans les villages, les femmes passent de longues heures à piler le mil pour le repas du soir. Le rendement en farine n'a pas toujours été bon malgré l'effort fourni. Tout comme les femmes rurales, les industriels et les artisans ont besoin d'une matière première de bonne qualité et apte au décortiquage.

Conclusion

Cette étude avait pour objectifs de caractériser aux plans physico chimique et technologique, quinze variétés de mil ouest africaines afin d'identifier celles qui ont un bon rendement en grains, un taux de protéines élevé et une bonne aptitude au décortiquage. Une importante variabilité a été mise en évidence et concerne le poids de 1000 grains, le profil biochimique et les caractéristiques technologiques.

Le poids de 1000 grains de l'ensemble des variétés est compris entre 6,51 et 9,94 g. Les variétés ivoiriennes ayant en moyenne des poids de 1000 grains supérieurs à ceux du Sénégal. Les teneurs en protéines ont été de 8,31 % à 12,01 %. Les variétés sénégalaises ont des pourcentages de protéines plus élevés que ceux observés en Côte d'Ivoire. Les taux de lipides, de cendres et de phosphore sont semblables à ceux obtenus sur le blé, le maïs, le riz et le sorgho.

Au vu des caractéristiques les plus recherchées pour le mil, trois variétés ivoiriennes SRR2, VPCN et VPP et trois variétés sénégalaises ISMI 9102, SOUNA 3 et ISMI 9303 paraissent les plus intéressantes parce que présentant un bon profil : poids de mille grains élevé, taux de protéines élevé et bonne aptitude au décortiquage. Leur vulgarisation permettra aux paysans ouest africains d'avoir en quantité de la farine de bonne qualité qui, incorporée dans les aliments assurera la réduction de la malnutrition protéinique et corrigera certaines déficiences.

Ce travail préliminaire, devra être approfondi sur un grand nombre de matériel végétal émanant de plusieurs pays africains afin d'établir le profil physicochimique et technologique des variétés produites et consommées en Afrique de l'Ouest.

References:

- Abdalla, A.A., EL Tinay A.H., Mohamed B.E and Abdalla, A.H., 1998a. Effect of traditional processes on phytate and mineral content of pearl millet. Food Chem., 63: 79-84..
- Abdalla, A.A., EL Tinay A.H., Mohamed B.E and Abdalla, A.H., 1998b. Proximate composition, starch, phytate and mineral contents of 10 pearl millet genotypes. Food Chem., 63: 243-246.
- Adeola, O and Orban, J.I. 1995. Chemical composition and nutrient digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) fed to growing pigs. J. Cereal Sci. 22: 174-184.
- Association Oil Chemist's Society (AOCS), 1990. Official Methods and Recommended Practices, 4th edn.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990. Official methods of analysis chemists, 15th edn; (AOAC Arlington), Virginia, USA.
- Barrion S.C. 2008. Pearl millet milling: Comparison between traditional Namibian fermentation-semi-wet milling and dry milling. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree MSc (Agric) Food Science and Technology in the Departement of Food Science Faculty of Natural and Agriculture Sciences, University of Pretoria, Republic of South Africa.
- Béninga, M.B. 2011. Caractérisation chimique et minérale des grains de mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] de Côte d'Ivoire. International Journal of Biological and chemical Sciences, 5 (5) : 2039-2044.
- Cheik, O.T.A., Savadogo A, Bayane Y AND Traore S. A., 2006. A comparative study on nutritional and technological quality of fourteen (14) cultivars of Pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L) Leeke] in Burkina Faso. Pakistan Journal of Nutrition 5 (6): 512-521.
- Chowdury, S. and Punia D. 1997. Nutrient and antinutrient composition of pearl millet grains as affected by milling and baking. Nahrung 41: 105-107.
- De Francisco A, Varriano-Marston E and Hosney R.C., 1982. Hardness of pearl millet and grain sorghum. Cereal Chem; 59 (1): 5-8.
- Elyas, S.H.A., El Tinay, A.H., Yousif, N.E., and Elsheikh, E.A.E. 2002. Effect of natural fermentation on nutritive value and in vitro protein digestibility of pearl millet. Food Chem. 78: 21-27.
- FAO, 1995. Sorghum and millets in human nutrition, 198.

- Fliedel G., Grenet C., Gontard N. et Pons B., 1989. Dureté, caractéristiques physicochimiques et aptitude au décorticage des grains de sorgho. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris 1989, pp. 187-201.
- Hadimani, N.A., Muralikrishna, G., Tharanathan, R.N. and Malleshi , N.G. 2001. Nature of carbohydrates and proteins in three pearl millet varieties varying in processing characteristics and kernel texture. *J. Cereal Sci.* 33: 17-2
- Hadimani, N.A. and Malleshi, N.G. 1993. Studies on milling, physicochemical properties, nutrient composition and dietary fibre content of millets. *J. Food Sci. Technol.* 30: 17-20.
- ICRISAT, and FAO. 1996. Pages 31-35 in *The World Sorghum and Millet Economies*. International Crops Research Institut for the Semi-arid Tropics: Ptanacheru and Food and Agricultural Organization of the United Nations: Rome.
- Jain, R.K. and Bal, S. 1997. Production of low-fat grits from pearl millet. *J. Engin.*, 31: 297-304.
- Jelum, M. D. and Powel J. B. 1971. Fatty acid composition of oil from pearl millet seed. *Agron. J.*, 63: 29-33.
- Kairwal, I.S., Berwal K.K. and Sharma A, 1997. Physical, physiological and cooking of pearl millet and their correlations. *J. Food Tec.*, 34: 165-170.
- Kjeldahl J. 1973. A new method for the determination of nitrogen in organic substances. *Ztschr. anal. chem.* 22, 366 p.
- Oomah B.D., Reichert R.D. and Youngs C.G., 1981. A novel, multi-sample, tangential abrasive dehulling device (TADD). *Cereal Chem*; 58: 392.
- Pinta M., 1973: Modern methods for trace elements analysis. *Ann. Arb. Sciences XI.* 402 p.
- Slavin, J.L., Jacobs, D., and Marquart, L. 2001. Grain Processing and nutrition . *Crit. Rev. Botech.* 21: 49-66.
- Subramamian, V., Jambunathan R. and Ramaioh C.D. 1986. Physical and chemical characteristics of pearl millet grains and their relationship to roti quality. *J. Food Sci.*, 51: 1005-1008.
- Taylor, J.R.N. 2004. Millet: Pearl. Pages 253-261 in : *Encyclopaedia of Grain Science (Vol2)*. C. Wrigley, H. Corke and C.E. Walker, eds. Elsevier; London.