

HC 51922
1 F

VARIATIONS DE LA VALEUR NUTRITIONNELLE AU COURS DE LA PREPARATION DES PRODUITS SECHES A PARTIR D'IGNAMES CULTIVEES AU CAMEROUN (DIOSCOREA DUMETORUM ET D. ROTUNDATA)*

PAR

S. TRECHE**
I. MBOME LAPE**
T. AGBOR EGBE**

RESUME

Les variations de composition chimique au cours de la transformation de tubercules d'ignames *Dioscorea dumetorum* et *D. rotundata* en produits séchés et de leur reconstitution sous une forme consommable sont mesurées.

L'absence d'influence notable sur la valeur nutritionnelle des produits finis démontre la possibilité d'utiliser des tubercules de *D. dumetorum* déjà durcis, de pratiquer pour les deux espèces, l'épluchage chimique à la soude, et d'effectuer le séchage en étuve à ventilation ou au soleil.

La précuisson qui augmente la sensibilité des amidons aux amylases et le broyage des cossettes après séchage qui permet d'éviter les pertes importantes en matières azotées et en minéraux observées pendant la cuisson de reconstitution de cossettes séchées, permettent d'obtenir des farines instantanées ayant conservé une bonne valeur nutritionnelle.

ABSTRACT

The variation in the chemical composition during transformation of yam tubers dioscorea dumetorum and D. rotundata into dry products and their reconstitution into edible forms are determined.

The absence of appreciable changes in the nutritive value of the finished products shows the possibility of using harden D. dumetorum tubers, lye peeling of tubers from both species and drying in a fan convection oven or in the sun.

Precooking increases starch susceptibility to amylase while grinding dried yam slices prevents losses of Nitrogen and minerals that occur during reconstitution of the slices by boiling. Hence a combination of precooking and grinding permits to obtain instant flours with good nutritive values.

INTRODUCTION

Des traitements permettant la transformation de tubercules d'ignames en produits séchés et leur reconstitution sous une forme consommable ont été sélectionnés au cours d'une de nos précédentes études (TRECHE et al., 1983). Le choix à effectuer entre les différents modes de préparation doit tenir compte des modifications de composition chimique consécutives à chaque traitement et susceptibles d'affecter la valeur nutritionnelle des produits proposés.

* Etude réalisée dans le cadre des accords conclus entre la D.G.R.S.T. du Cameroun et l'O.R.S.T.O.M.

** Laboratoire d'Etudes des Aliments - Centre de Nutrition B.P 6163 - Yaoundé - Cameroun.

En ce qui concerne le mode d'épluchage, différents auteurs travaillant sur la pomme de terre (TOMA et al., 1978 ; TRUE et al., 1979), les taros et macabos (BELL et FAVIER, 1979), les ignames (COURSEY et AIDOO, 1966 ; BELL, 1981) ont montré que les principaux nutriments étaient mieux préservés pendant la cuisson à l'eau lorsque les tubercules étaient épluchés après cuisson. Par ailleurs, GOODING (1972), RIVERA-ORTIZ et CONZALEZ (1972) et STEELE et SAMMY (1976) s'accordent pour reconnaître que l'épluchage chimique des ignames à la soude ne provoque ni de rétention importante de sodium ni d'altération du goût mais l'influence de l'épluchage chimique sur la teneur des tubercules en autres nutriments ne semble pas avoir été étudiée.

Au cours de la cuisson, les tubercules peuvent perdre certains nutriments qui se solubilisent dans l'eau de cuisson (LONGÉ, 1980 ; BELL, 1981) mais aussi être contaminés par certains éléments en provenance de l'eau ou des récipients métalliques (BELL, 1981). L'importance de ces variations qui affectent principalement les vitamines, les minéraux, les sucres solubles et les matières azotées, ne dépend pas uniquement de la présence de la peau, mais aussi du mode de cuisson (JUNEK et SISTRUNK, 1978 ; BELL et FAVIER, 1979 ; OGUNSUA et ADEDEJI, 1979) et de la variété botanique au sein d'une même espèce (TOMA et al., 1978 ; TRUE et al., 1979).

Le séchage traditionnel par exposition au soleil serait responsable de pertes importantes en certaines vitamines et d'un enrichissement en fer et probablement en d'autres oligo-éléments provenant des poussières atmosphériques (FAVIER et al., 1971 ; BELL, 1981).

Le mode de conservation, sous forme de cossettes ou de farine, la durée et les conditions de conservation sont également susceptibles de faire varier la composition chimique des produits après séchage (MOY et al., 1971).

Les différents modes de reconstitution qui consistent en des cuissons plus ou moins longues des produits sous forme de cossettes ou de farines dans des quantités variables d'eau, peuvent modifier encore la valeur nutritionnelle.

Les traitements étudiés étant appliqués successivement aux produits, il nous a paru intéressant de voir dans quelle mesure l'effet d'un traitement comme l'épluchage chimique ou de différences inhérentes à l'état physiologique des tubercules avant traitement (le durcissement de *D. dumetorum*) pouvaient se répercuter à des étapes ultérieures de la préparation des produits.

La résultante des effets de tous les traitements appliqués est appréciée en comparant la composition chimique des tubercules crus à celle des produits finis. La comparaison de l'influence des différents modes de préparation sur la valeur nutritionnelle de ces produits est faite en tenant compte non seulement des différences de composition chimique mais aussi de tests de dégradation *in vitro* de l'amidon.

MATERIEL ET METHODE

Choix des espèces et cultivars.

Les cultivars Ex Jakiri de *D. dumetorum* et Ex oshei de *D. rotundata* sont ceux sur lesquels de nombreuses études ont porté dans notre laboratoire (TRECHE et DELPEUCH, 1982 ; TRECHE et GUION, 1980 ; 1982 ; TRECHE et al., 1982 ; TRECHE, 1983).

Préparation des produits séchés

Les différentes étapes de la préparation (épluchage, cuisson, séchage) de la conservation et de la reconstitution des produits sont détaillées dans notre précédent articles (TRECHE et al., 1983).

Techniques d'analyse

Les échantillons prélevés après chaque traitement considéré sont séchés en étuve à vide à une température inférieure à 60°C et broyés.

Selon les échantillons étudiés, les déterminations suivantes ont été effectuées :

- la teneur en matière sèche : par dessiccation à 104°C pendant 48 h ;
- la teneur en cendres : par calcination à 550°C pendant une nuit ;
- la teneur en protéines brutes (N x 6,25) : par la microméthode de Kjeldahl ;
- la teneur en indigestible glucidique (Insoluble formique) : par la technique à l'acide formique de GUILLEMET et JACQUOT (1943) ;
- la teneur en glucides solubles dans l'alcool à 80° G.L. (degré de polymérisation entre 1 et 10) après deux extractions à chaud et une à froid : par la méthode colorimétrique à l'antrone de HODGE et HOFREITER (1962) ;
- la teneur en glucides hydrosolubles (degré de polymérisation entre 1 et 50) après extraction à froid dans l'alcool à 40° G.L. : par la méthode colorimétrique à l'antrone ;
- la teneur en maltodextrines (degré de polymérisation compris entre environ 10 et 50) après deux extractions à chaud et une à froid par l'alcool à 40° G.L. sur les résidus d'extraction par l'alcool à 80° G.O. : par la méthode colorimétrique à l'antrone ;
- la teneur en amidon par la méthode polarimétrique d'EWERS (1965) en utilisant les coefficients rotatoires spécifiques déterminés par MBOME LAPE *et al.* (1982) ou par la méthode enzymatique de THIVEND *et al.* (1965), sur les résidus d'extraction à chaud par l'éthanol à 40° G.L. ;
- les teneurs en Calcium, phosphore et Fer selon les méthodes décrites par TRECHE *et al.* 1982) ;

Comparaison de la sensibilité enzymatique *in vitro* de l'amidon des différentes farines

Dans un tube à centrifuger de 100 ml, on pèse une quantité de farine contenant 0,2 g d'amidon et on verse 7 ml de tampon phosphate (0,005 M). On place le tube dans un bain marie à agitation à 37°. On laisse la température se stabiliser et on ajoute 0,5 ml de la solution d'enzyme (1 g d'amylase pancréatique de porc Sigma type VI-A dans 50 ml). Lorsque le temps d'hydrolyse choisi s'est écoulé on verse dans le tube 40 ml d'une solution d'alcool à 95° G.L. contenant 1,5 pour 100 d'acide acétique pour bloquer la réaction.

Après une nuit à 4°C, on centrifuge à 3000 tr/mn pendant 20 mn et on récupère le surnageant en fiole de 100 ml. On rince le résidu dans de l'alcool à 80° G.L. après une nouvelle centrifugation les surnageants sont cumulés et complétés à 100 ml avec de l'alcool à 80° G.L. Sur le culot on procède à une série de deux extractions à froid par l'alcool à 40° G.L. pour extraire les maltodextrines de degré de polymérisation compris entre environ 10 et 50.

On dose ensuite les glucides totaux dans les extraits éthanoliques à 80 et 40° G.L. par la méthode colorimétrique à l'antrone en comparant à une gamme établie avec du glucose.

En tenant compte des glucides solubles dans l'alcool à 80° et 40° G.L. initialement contenus dans les farines, on détermine ainsi le pourcentage d'amidon vrai dégradé et le pourcentage d'amidon + maltodextrines dégradés.

Les durées d'hydrolyse choisies sont 15 mn pour estimer la vitesse initiale d'hydrolyse enzymatique et 3 h pour estimer la digestibilité *in vitro*.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Variations de la composition chimique des Ignames au cours des différentes étapes de la préparation des produits séchés.

• Influence de l'épluchage chimique

Par rapport aux tubercules crus épluchés manuellement, les tubercules épluchés par trempage dans une solution bouillante de soude à 10 pour cent, pendant respectivement 5 et 8 mn pour *D. rotundata* et *D. dumetorum*, présentent un déficit notable en protéines, cendres, phosphore et calcium.

Tableau 1 Comparaison de la composition chimique de tubercules épluchés manuellement à celle de tubercules ayant subi un épluchage chimique à la soude

Teneur en (1)	D. ROTUNDATA			D. DUMETORUM		
	Epluchage manuel	Epluchage chimique	Différence en p. 100	Epluchage manuel	Epluchage chimique	Différence en p. 100
Eau	(2) 63,7	63,0	- 1,1	72,6	70,5	- 2,9
Protéines	(3) 6,30	5,65	- 10,3	8,89	7,38	- 17,0
Amidon	(3) 82,5	83,9	+ 1,7	75,1	76,9	+ 2,4
Glucides hydrosolubles	(3) 3,1	2,9	- 6,6	5,5	5,2	- 4,9
Indigestible glucidique	(3) 1,95	1,71	- 12,3	2,85	2,81	- 1,6
Cendres	(3) 1,90	1,56	- 18,2	2,34	1,89	- 19,2
Phosphore	(4) 135	127	- 5,7	158	133	- 15,8
Calcium	(4) 29,1	26,0	- 10,5	63,0	48,2	- 23,5

(1) Moyenne de trois déterminations effectuées sur différents lots d'environ 10 kg de tubercules.

(2) en g. 100 g. de matière brute.

(3) en g. p. 100 g. de matière sèche.

(4) en mg. p. 100 g. de matière sèche.

Les pertes en nutriments sont plus importantes chez les tubercules de *D. dumetorum* pour lesquels la durée d'immersion est plus importante.

• Influence du mode de cuisson avant séchage

La cuisson est effectuée dans l'eau bouillante ou à la vapeur (en autoclave à 120°C) ; les tubercules cuits entiers avec leur peau ou découpés en cossettes ont été épluchés après cuisson.

La teneur en eau varie peu sauf pour les tubercules de *D. rotundata* qui s'hydratent lorsqu'ils sont cuits dans l'eau.

La teneur en protéines de la matière sèche a tendance à augmenter en particulier pour les tubercules de *D. rotundata* cuits à la vapeur.

La teneur en amidon diminue dans tous les cas sauf lorsque les tubercules de *D. dumetorum* sont cuits dans l'eau après avoir été découpés en cossettes. Les pourcentages de perte restent faibles mais compte tenu de la teneur élevée en amidon des tubercules, les quantités disparues ne sont pas négligeables.

La teneur en indigestible glucidique a tendance à augmenter lorsque les tubercules sont cuits à l'eau et à baisser lorsqu'ils sont cuits à vapeur.

La teneur en cendres diminue sauf dans certains cas, en particulier lorsque les tubercules sont cuits dans l'eau avec leur peau. Les teneurs en phosphore et en calcium augmentent lorsque les tubercules sont cuits à la vapeur, par contre, si les tubercules découpés en cossettes sont cuits dans l'eau, on observe une diminution de la teneur en phosphore et, avec *D. dumetorum*, de la teneur en calcium.

Tableau 2 : Influence du mode de cuisson sur les variations de teneurs en certains nutriments dans les tubercules des deux espèces d'ignames (pourcentage de perte ou de gain par rapport aux teneurs des tubercules crus)

Mode de cuisson des Tubercules Teneur en	D. ROTUNDATA					D. DUMETORUM				
	CUIT A L'EAU		CUIT A LA VAPEUR			CUIT A L'EAU		CUIT A LA VAPEUR		
	entiers avec peau	découpés en cossettes	entiers avec peau	entiers sans peau	découpés en cossettes	entiers avec peau	découpés en cossettes	entiers avec peau	entiers sans peau	découpés en cossettes
	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(1)	(2)
Eau	+ 8,4	+ 7,9	- 1,0	- 2,3	+ 0,6	- 2,2	+ 0,5	- 2,6	- 2,1	- 1,7
Protéines	+ 3,1	- 2,0	+ 8,0	+ 9,4	+ 9,7	+12,8	+ 4,0	- 2,7	+ 6,0	+ 2,1
Amidon	- 7,0	- 4,4	- 5,4	- 4,8	- 1,5	- 4,3	+ 4,9	- 2,4	- 2,0	- 4,5
Glucides hydrosolubles	- 21,7	+89,1	+25,5	+15,6	- 3,9	-10,5	+13,0	-29,6	-21,6	- 1,4
Indigestible glucidique	+12,8	+10,3	- 2,2	- 6,6	-10,2	- 7,0	+15,4	+ 1,9	- 7,0	- 3,4
Cendres	+13,7	-27,4	-13,2	-12,9	+11,3	+ 4,9	-22,3	- 0,9	-12,0	- 4,3
Phosphore	- 1,8	- 7,0	+ 5,5	+13,4	+15,8	+10,2	- 6,7	+ 6,9	+ 3,8	+1,5
Calcium	+18,8	+11,2	+34,2	+31,6	+ 3,2	+11,5	-27,1	+25,6	+41,6	+2,5

(1) Moyenne de deux déterminations sur des lots d'environ 10 kg

(2) Moyenne de trois déterminations sur des lots d'environ 10 kg.

Influence du mode de séchage

Pendant le séchage il y a d'une manière générale diminution des teneurs de la matière sèche en protéines et en amidon et une augmentation de la teneur en glucides membranaires et en calcium. La teneur en phosphore diminue chez *D. rotundata* mais augmente chez *D. dumetorum*.

Par rapport au séchage en étuve, le séchage au soleil est responsable d'une diminution de la teneur en glucides hydrosolubles. Par contre, chez *D. rotundata*, le séchage en étuve s'accompagne d'une diminution de la teneur en cendres et en phosphore alors que, chez *D. dumetorum*, la diminution de teneur en protéines est plus importante en étuve à vide et l'augmentation de teneur en phosphore moins marquée en étuve à ventilation.

Tableau 3 : Influence du mode de séchage sur les variations de teneurs en certains nutriments dans les tubercules des deux espèces d'ignames (pourcentage de perte ou de gain par rapport aux teneurs des tubercules avant séchage)

Teneur en	D. ROTUNDATA				D. DUMETORUM			
	Mode de séchage			Niveau de signification	Mode de séchage			Niveau de signification
	Soleil (1)	Etuve à Vide (2)	Etuve à ventilation (1)		Soleil (1)	Etuve à vide (2)	Etuve à ventilation (1)	
Protéines	- 3,0	- 6,7	- 6,2	N. S.	- 1,5 ^{ab}	- 7,6 ^b	- 4,0 ^a	p < 0,10
Amidon	- 2,4	- 1,0	+ 2,2	N. S.	- 4,6	- 5,1	- 7,9	N. S.
Glucides hydrosolubles	- 2,5	+ 7,5	+ 24,6	N. S.	- 32,3 ^a	+ 22,0 ^b	+ 22,2 ^b	p < 0,05
Indigestible Glucidique	0,0	+ 4,4	+ 6,4	N. S.	- 14,4	+ 5,3	+ 12,9	N. S.
Cendres	+ 10,9 ^a	- 7,7 ^b	- 2,2 ^b	p < 0,10	+ 10,0	+ 25,3	+ 14,2	N. S.
Phosphore	- 0,5 ^a	- 7,9 ^b	- 2,9 ^a	p < 0,10	+ 9,0 ^a	+ 10,7 ^{ab}	+ 6,1 ^b	p < 0,05
Calcium	+ 21,4	+ 30,1	+ 24,9	N. S.	+ 13,6	+ 28,4	+ 10,0	N. S.

(1) Moyenne de 11 déterminations.

(2) Moyenne de 8 déterminations.

La signification des différences entre les moyennes obtenues pour les trois modes de séchage est déterminée par le test du signe effectué sur les moyennes prises deux à deux. Les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau indiqué.

● Influence de la forme de conservation

Après séchage effectué sous la forme de cossettes, chaque produit a été séparé en deux parties : la première a été conservée sous la forme de cossettes, la seconde a été broyée au préalable en farines passant à travers un tamis à mailles de 1 mm. La conservation s'est effectuée dans les deux cas dans des sacs en polyéthylène.

Tableau 4 : Influence de la forme de conservation sur la composition chimique des produits.

Teneur en	Forme de Conservation	D. ROTUNDATA (1)			D. DUMETORUM (2)		
		Cossettes	Farines	Niveau de signification	Cossettes	Farines	Niveau de signification
Eau	(3)	86,8	87,7	N. S.	85,3	86,5	N. S.
Protéines	(4)	5,53	5,51	N. S.	7,61	7,41	N. S.
Amidon	(4)	80,3	79,8	N. S.	72,1	70,4	p < 0,01
Glucides hydrosolubles	(4)	3,39	3,19	N. S.	4,87	6,03	p < 0,05
Indigestible glucidique	(4)	1,89	1,78	N. S.	3,51	3,38	N. S.
Cendres	(4)	1,80	1,96	N. S.	2,60	2,74	p < 0,05
Phosphore	(5)	129	131	N. S.	166	163	N. S.
Calcium	(5)	42,0	31,1	p < 0,01	65,6	56,2	p < 0,05

(1) Moyenne de 11 déterminations. (2) Moyenne de 14 déterminations. (3) en g. p. 100 g. de matière brute.

(4) en g. p. 100 g. de matière sèche. (5) en mg. p. 100 g. de matière sèche.

La signification des différences est obtenue par le test t de Student effectué sur valeurs appariées.

Le broyage et la conservation sous forme de farine sont responsables d'une diminution de teneur en calcium observée chez les deux espèces, et, chez *D. dumetorum*, d'une diminution de teneur en amidon, et d'une augmentation de teneurs en glucides solubles et en cendres.

• Influence de la durée de conservation

Il existe des différences de composition chimique entre les produits pris à la fin du séchage et les produits pris à la fin de la période de conservation. On note principalement une diminution de teneurs en protéines, amidon et phosphore et une tendance à l'augmentation de la teneur en glucides membranaires et en calcium.

La durée de la conservation influe sur la teneur en glucides hydrosolubles et en calcium chez *D. rotundata* et sur la teneur en amidon chez *D. dumetorum*.

Tableau 5 : Influence de la durée de conservation sur les variations de teneurs en certains nutriments dans les produits séchés préparés à partir des deux espèces d'ignames (pourcentage de perte ou de gain par rapport aux teneurs des produits après séchage).

Durée de conservation Teneur en	D. ROTUNDATA (1)			D. DUMETORUM (2)		
	Durée de conservation		Niveau de signification	Durée de conservation		Niveau de signification
	7 mois	21 mois				
Protéines	- 4,7	- 2,3	N. S.	- 10,7	- 8,2	N. S.
Amidon	- 5,0	- 1,9	N. S.	- 5,5	- 2,1	p < 0,05
Glucides hydrosolubles	- 10,5	+ 49,3	p < 0,05	- 2,3	+ 2,5	N. S.
Indigestible glucidique	+ 13,6	- 5,1	N. S.	+ 0,8	+ 26,8	N. S.
Cendres	+ 20,3	+ 10,5	N. S.	- 7,5	- 11,8	N. S.
Phosphore	- 6,7	- 5,6	N. S.	- 8,8	- 4,5	N. S.
Calcium	+ 24,9	- 5,6	p < 0,05	+ 8,9	+ 13,5	N. S.

(1) Moyenne de 7 déterminations.

(2) Moyenne de 10 détermination.

La signification des différences entre moyennes obtenues pour des produits ayant subi une durée de conservation différente est déterminée par le test du signe.

• Influence du mode de reconstitution

Pour *D. rotundata*, la reconstitution des farines sous une forme hydratée consommable ne s'accompagne pas de variations importantes de composition chimique. Notons toutefois une diminution de teneur en amidon et l'augmentation de teneur en glucides hydrosolubles. La reconstitution sous forme de bouillie (15 à 20 p. 100 de teneur en matière sèche) est à l'origine d'une augmentation de teneur en insoluble formique supérieure à celle observée lors de la reconstitution sous forme de pâte (35 à 40 pour cent de teneur en matière sèche).

Pour *D. dumetorum*, sont envisagées non seulement la reconstitution des farines en pâte (P3) et en bouillie mais aussi la reconstitution des cossettes en tranches de tubercules ou en pâte (P2) par écrasement des cossettes au mortier après cuisson. La reconstitution à partir des cossettes qui nécessite une cuisson prolongée (1 heure pour les produits précuits, 3 heures pour les produits n'ayant pas subi de précuisson) s'accompagne d'une diminution importante de la teneur en protéines, en cendres, en calcium et en phosphore et simultanément d'une augmentation de teneur en amidon. La reconstitution à partir de farines en bouillie ou en pâte provoque une augmentation de teneur en protéines et en cendres.

Tableau 6 : Influence du mode de reconstitution sur les variations de teneurs en certains nutriments dans les tubercules des deux espèces d'ignames (pourcentage de perte ou de gain par rapport aux teneurs des produits avant reconstitution)

Forme après reconstitution	D. ROTUNDATA (1)			D. DUMETORUM (2)				
	Pâte (P3)	Bouillie	Niveau de signification	Cossettes	Pâte (P2)	Pâte (P3)	Bouillie	Niveau de signification
Protéines	+ 1,5	+ 6,7	N. S.	- 10,0 ^{ab}	- 11,6 ^a	+ 4,5 ^{ab}	+ 4,5 ^b	p < 0,05
Amidon	- 3,3	- 2,3	N. S.	+ 6,5 ^a	+ 3,2 ^{ab}	+ 0,2 ^{ab}	- 2,6 ^b	p < 0,05
Glucides hydrosolubles	+ 41,7	+ 37,8	N. S.	- 27,0	+ 22,0	+ 58,9	+ 17,6	N. S.
Indigestible glucidique	+ 2,9	+ 27,7	p < 0,10	- 1,4	+ 8,9	- 15,1	+ 1,4	N. S.
Cendres	+ 1,0	+ 5,0	N. S.	- 42,3 ^a	- 49,2 ^{ab}	+ 1,7 ^{bc}	+ 4,8 ^c	p < 0,05
Phosphore	- 2,4	- 4,5	N. S.	- 31,9 ^a	- 26,3 ^a	- 8,2 ^{ab}	- 0,3 ^b	p < 0,05
Calcium	+ 2,6	+ 18,3	N. S.	- 20,5 ^{ab}	- 10,1 ^{ab}	- 2,9 ^a	+ 12,5 ^b	p < 0,10

(1) Moyennes de 7 déterminations

(2) Moyennes de 5 à 8 déterminations

La signification des différences entre les moyennes prises deux à deux est obtenue par le test du signe.

Persistance de l'influence d'un facteur de variation de la composition chimique au cours de la préparation des produits.

● **Influence du durcissement des tubercules de *D. dumetorum* sur la composition chimique des produits préparés**

Les différences de composition chimique entre tubercules durcis et non durcis avant tout traitement sont très marquées : les tubercules durcis ont des teneurs en protéines et en amidon plus faibles et des teneurs en glucides hydrosolubles, glucides membranaires et cendres plus élevées que les tubercules non durcis. Après séchage et conservation les différences de teneurs subsistent uniquement pour les protéines, les glucides membranaires et les cendres. Enfin après reconstitution les différences de teneur en protéines s'estompent.

● **Influence du mode d'épluchage sur les produits après séchage et conservation**

Avant reconstitution les produits dérivés des tubercules épluchés à la soude bouillante présentent une tendance à un déficit en phosphore, calcium et protéines (pour *D. dumetorum*) par rapport à ceux issus de tubercules épluchés manuellement. Après reconstitution, la composition chimique des produits ne dépend plus du mode d'épluchage.

Les différences de composition chimique observées juste après épluchage entre tubercules épluchés chimiquement et manuellement ne se retrouvent pas dans les produits au moment de leur consommation et n'ont donc pas de repercussions sur leur valeur nutritionnelle.

Tableau 7 : Comparaison de la composition chimique de produits préparés à partir de tubercules durcis et non durcis de *D. dumetorum*, à différentes étapes de leur préparation

Etat des tubercules avant séchage	PRODUITS AVANT SECHAGE (1)			PRODUITS SECHES APRES CONSERVATION (2)			PRODUITS RECONSTITUES (3)		
	NON Durcis	Durcis	Niveau de signification	NON Durcis	Durcis	Niveau de signification	NON Durcis	Durcis	Niveau de signification
Protéines	(4) 8,18	7,05	p<0,01	7,71	6,87	p<0,01	7,39	7,06	N. S.
Amidon	(4) 75,9	70,9	p<0,001	69,1	68,6	N. S.	71,4	68,0	N. S.
Glucides hydrosolubles	(4) 4,6	6,3	p<0,05	5,7	5,7	N. S.	6,5	7,7	N. S.
Indigestible glucidique	(4) 2,98	4,76	p<0,001	3,32	4,27	p<0,01	3,07	4,42	p<0,01
Cendres	(4) 2,36	3,19	p<0,001	2,52	3,34	p<0,001	1,95	2,74	p<0,001
Phosphore	(5) 162	165	N. S.	162	164	N. S.	134	137	N. S.
Calcium	(5) 59	60	N. S.	63	59	N. S.	54	54	N. S.
Fer	(5) —	—	—	—	—	—	1,02	2,25	p<0,001

(1) Moyenne de 7 déterminations.

(2) Moyenne de 8 déterminations.

(3) Moyenne de 9 déterminations.

(4) en g. p. 100 g. de Matière sèche.

(5) en mg. p. 100 g. de Matière sèche.

La signification des différences entre moyennes est obtenue par le test t appliqué à des valeurs appariées.

Tableau 8 : Comparaison de la composition chimique des produits préparés à partir de tubercules épluchés manuellement et chimiquement avant et après leur reconstitution sous forme consommable

	Mode d'épluchage	Protéines	Indigestible glucidique	Phosphore	Calcium	
		(4)	(4)	(5)	(5)	
D R O T U N D A T A	Produits avant reconstitution (1)	Manuel	5,34 ± 0,15	1,82 ± 0,11	130 ± 3	39,1 ± 4,4
		Chimique	5,43 ± 0,20	1,89 ± 0,08	119 ± 4	33,5 ± 4,5
	Produits après reconstitution (2)	Manuel	6,11 ± 0,07	2,50 ± 0,30	123 ± 5	34,3 ± 1,4
		Chimique	5,90 ± 0,21	2,14 ± 0,21	119 ± 3	30,1 ± 2,9
D D U M E T O R U M	Produits avant (1) reconstitution	Manuel	7,98 ± 0,29	3,12 ± 0,22	180 ± 7	69,4 ± 4,7
		Chimique	7,55 ± 0,25	2,93 ± 0,09	163 ± 7	69,8 ± 9,0
	Produits (3) après reconstitution	Manuel	6,78 ± 0,61	3,06 ± 0,11	126 ± 22	59,7 ± 7,0
		Chimique	7,29 ± 0,45	3,37 ± 0,25	137 ± 19	66,3 ± 4,1

(1) Moyennes de 6 déterminations.

(2) Moyennes de 4 déterminations.

(3) Moyennes de 3 déterminations.

(4) en g. p. 100 g. de matière sèche

(5) en mg. p. 100 g. de matière sèche

Resultante de l'ensemble des traitements sur la composition chimique et la valeur nutritionnelle de farines.

Composition chimique des farines de *D. rotundata*

L'importance des variations de composition chimique au cours de l'ensemble des transformations technologiques entre le tubercule brut épluché et les farines prêtes à être reconstituées dépend principalement de la cuisson et du séchage.

D'une manière générale, on note quels que soient les modes de cuisson ou de séchage une légère augmentation de la teneur en protéines.

La cuisson est responsable d'une diminution de teneur en amidon et en cendres et empêche l'augmentation de teneur en glucides membranaires observée lorsque les produits ne subissent pas de précuisson.

Le séchage au soleil favorise l'augmentation de teneurs en glucides membranaires et en Fer mais s'accompagne d'une diminution de la teneur en Phosphore.

Les fortes augmentations de teneur en amidon obtenues lorsque les tubercules ne sont pas précuits s'expliquent difficilement, car elles ne sont pas compensées par une diminution d'autres nutriments présents en quantité importante.

Tableau 9 : Comparaison de la composition chimique de farines de *D. rotundata* et influence du mode de préparation sur les variations de teneurs en différents nutriments

	SANS PRECUISSON			PRECUISSON à L'EAU			Niveau de signification de l'effet cuisson	Niveau de signification du mode de séchage
	Séchage en étuve	Séchage au soleil	Séchage au séchoir solaire	Séchage en étuve	Séchage au soleil	Séchage au séchoir solaire		
Protéines	(1) 7,57 (3) (+ 3,9)	8,41 (+ 6,9)	8,18 (+ 4,1)	7,67 (+ 0,1)	7,68 (+ 5,7)	7,38 (+ 1,6)	N. S.	N. S.
Amidon	(1) 83,8 (3) (+ 9,4)	86,4 (+13,7)	78,2 (+ 3,1)	81,7 (+ 2,1)	76,8 (- 4,6)	76,4 (- 5,3)	p<0,001	N. S.
Glucides alcoolosolubles	(1) 2,6 (3) (+ 2,0)	0,3 (- 87,5)	3,7 (+48,0)	2,1 (- 19,5)	2,2 (- 15,0)	2,0 (- 22,5)	N. S.	N. S.
Indigestible glucidique	(1) 2,28 (3) (+35,7)	2,95 (+60,8)	2,35 (+27,0)	1,85 (- 3,4)	1,90 (+ 4,1)	1,85 (+ 1,4)	p<0,001	p<0,001
Cendres	(1) 2,79 (3) (+ 9,4)	2,97 (+25,9)	2,46 (+ 4,2)	2,03 (- 24,0)	1,88 (- 32,3)	1,96 (- 29,4)	p<0,01	N. S.
Phosphore	(1) 77,4 (3) (+42)	32,3 (- 56)	23,9 (- 67)	52,1 (- 25)	37,4 (- 36)	54,8 (- 53)	N. S.	p<0,01
Calcium	(2) 17,6 (3) (- 14,5)	19,2 (+ 9,0)	17,8 (- 7,2)	17,1 (+ 6,1)	12,8 (- 20,6)	12,9 (- 20,0)	N. S.	N. S.
Fer	(2) 3,42 (3) (+59)	4,27 (+122)	1,90 (- 1)	4,25 (+18)	4,98 (+69)	2,61 (- 14)	N. S.	p<0,05

(1) en g. p. 100 de matière sèche (Moyenne de 2 déterminations)

(2) en mg p. 100 g. de matière sèche (Moyenne de 2 déterminations)

(3) pourcentage de perte (-) ou de gain (+) par rapport aux teneurs de la partie comestible des tubercules bruts.

La signification des différences entre traitements est obtenue par le test F de Fischer.

Composition chimique des farines de *D. dumetorum*

Les variations de composition chimique en liaison avec les modes de préparations sont sensiblement différentes pour les farines de *D. dumetorum*.

Quel que soit le mode de préparation on observe une diminution de teneur en amidon qui s'accompagne, le plus souvent, d'une forte augmentation de teneur en maltodextrine (D.P. compris approximativement entre 10 et 50) et d'une légère augmentation de teneurs en indigestible glucidique.

La cuisson est responsable d'une diminution importante de la teneur en protéines, en cendres et en phosphore, elle accentue en outre la diminution de teneur en glucides alcoolosolubles et l'augmentation de teneur en maltodextrines.

Le séchage en étuve limite les pertes en Calcium en même temps qu'il favorise l'augmentation de teneur en Fer. Le séchage au soleil semble limiter l'augmentation de teneur en indigestible glucidique à l'inverse de ce qui se passe pour *D. rotundata*.

Tableau 10 : Comparaison de la composition chimique de farines de *D. dumetorum* et influence du mode de préparation sur les variations de teneurs en différents nutriments

	SANS PRECUSSION			PRECUSSION A L'EAU			Niveau de signification de l'effet cuisson
	Séchage en étuve	Séchage au soleil	Séchage en séchoir solaire	Séchage en étuve	Séchage au soleil	Séchage en séchoir solaire	
Protéines	(1) 9,14 (3) (+ 3,0)	9,09 (+ 2,7)	9,11 (+ 2,9)	7,52 (- 16,0)	7,66 (- 16,0)	8,18 (- 10,3)	p < 0,001
Amidon	(1) 64,0 (3) (+ 13,3)	65,1 (- 10,8)	64,4 (- 11,8)	62,0 (- 10,2)	65,0 (- 5,9)	63,2 (- 8,5)	N. S.
Maltodextrines	(1) 4,8 (3) (+ 121)	2,5 (+ 29)	1,9 (- 2)	7,0 (+ 361)	5,2 (+ 204)	6,2 (+ 263)	p < 0,05
Glucides alcoolosolubles	(1) 4,0 (3) (- 12)	5,1 (- 12)	6,6 (+ 14)	1,9 (- 61)	2,3 (- 53)	2,0 (- 59)	p < 0,001
Indigestible glucidique	(1) 4,4 (3) (+ 11,9)	4,4 (0)	5,3 (+ 20,8)	5,5 (+ 18,5)	4,8 (+ 0,6)	5,3 (+ 11,0)	N. S.
Cendres	(1) 3,65 (3) (- 0,2)	3,67 (+ 3,4)	3,73 (+ 5,1)	2,09 (- 44,7)	2,05 (- 47,3)	2,17 (- 44,3)	p < 0,001
Phosphore	(2) 128 (3) (- 0,9) (2)	111 (- 7,9)	116 (- 4,1)	86 (- 34,4)	66 (- 49,2)	85 (- 34,6)	p < 0 001
Calcium	(2) 53,3 (3) (+ 8,7)	44,9 (- 20,4)	44,3 (- 21,5)	42,9 (- 8,6)	41,0 (- 12,8)	39,6 (- 15,7)	N. S.
Fer	(2) 9,26 (3) (+ 220)	1,81 (- 27)	2,58 (+ 4)	4,83 (+ 145)	4,75 (+ 76)	4,21 (+ 56)	N. S.

(1) en g. p. 100 g. de matière sèche

(2) en mg. p. 100 g. de matière sèche

(3) pourcentage de perte (-) ou de gain (+) par rapport aux teneurs de la partie comestible des tubercules bruts.

La signification de l'effet cuisson est obtenue par le test t de Student appliqué aux valeurs appariées.

• Digestibilité in vitro de l'amidon contenu dans les farines

Le taux d'hydrolyse de l'amidon des farines de *D. rotundata* reste inférieur à 10 pour cent lorsqu'elles n'ont pas subi de précuisson ; il peut atteindre 60 pour cent après trois heures lorsque les tubercules ont subi une précuisson. La sensibilité

de l'amidon à l'amylase pancréatique semble être davantage augmentée par la cuisson à la vapeur que par la cuisson à l'eau mais ne subit pas d'influence évidente du mode de séchage.

Le taux d'hydrolyse de l'amidon des farines de *D. dumetorum* n'ayant pas subi de précuisson reste faible après 15 mn mais dépasse 25 pour cent après trois heures. Lorsque les farines sont précuites, près de la moitié de l'amidon est dégradée après 15 mn et plus de 75 pour cent après 3 heures. Le séchage en étuve permet d'atteindre un taux d'hydrolyse de l'amidon voisin de 95 pour cent après 3 heures quel que soit le mode de cuisson.

Tableau 11 : Dégradation *in vitro* de l'amidon et des maltodextrines par l'amylase pancréatique après 15 minutes et 3 heures pour des farines des deux espèces d'ignames ayant subi différents modes de préparation

	Temps d'hydrolyse	E S P E C E	SANS CUISSON			CUISSON A L'EAU			CUISSON VAPEUR
			Séchage en étuve	Séchage au soleil	Séchage en séchoir solaire	Séchage en étuve	Séchage au soleil	Séchage en séchoir solaire	Séchage en étuve
p. 100 d'amidon dégradé	15 mn	D.r.	2,7	4,8	6,9	29,0	28,4	23,6	30,7
		D.d.	6,0	8,7	5,1	61,2	44,4	49,5	44,8
p. 100 amidon + maltodextrine dégradés	3 h	D.r.	4,9	8,7	10,6	56,3	60,7	50,6	68,6
		D.d.	25,8	33,5	27,6	95,6	77,8	75,8	94,4
p. 100 amidon + maltodextrine dégradés	15 mn	D.r.	3,6	5,3	6,8	30,8	29,2	25,8	33,9
		D.d.	10,4	10,0	8,7	55,7	45,0	46,9	44,1
p. 100 amidon + maltodextrine dégradés	3 h	D.r.	5,5	9,2	11,3	56,2	59,3	51,2	67,9
		D.d.	27,2	32,1	28,4	84,2	70,8	69,1	82,6

D.r. : *Dioscorea rotundata*

D.d. : *Dioscorea dumetorum*

Une partie de l'amidon pouvant être dégradée en maltodextrines, nous avons calculé pour chaque farine et chaque durée d'hydrolyse le pourcentage d'amidon + maltodextrines dégradés. Les valeurs trouvées sont très comparables au pourcentage d'amidon dégradé pour *D. rotundata* mais sensiblement plus faible pour *D. dumetorum* en raison de la présence d'une quantité non négligeable de glucides de degré de polymérisation intermédiaire dans le milieu d'hydrolysé.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les variations de teneur en un nutriment donné au cours des procédés technologiques envisagés peuvent résulter d'un apport extérieur, d'une transformation interne, d'une solubilisation dans l'eau de cuisson ou encore n'être qu'une augmentation ou diminution passive liée aux variations de teneurs en d'autres nutriments.

La teneur en protéines brutes diminue de façon sensible au cours de l'épluchage chimique, du séchage surtout lorsqu'il est effectué en étuves et pendant la reconstitution de cossettes séchées ; elle aurait tendance à augmenter lorsque les tubercules sont cuits à la vapeur. La cuisson à l'eau donne des résultats variables : en comparant la teneur en protéines brutes des tubercules ou cossettes avant et après cuisson, on observe une légère augmentation ce qui avait déjà été remarqué par BELL et FAVIER (1979) avec des taros ou une absence de variation notable qui est conforme

aux résultats de FRANCHIS *et al.* (1975) et de BELL (1981) ; par contre si on compare la teneur en protéines brutes de farines ayant subi une précuisson à l'eau à celle qui n'ont pas été précuites, il n'y a pas de différences pour *D. rotundata* mais il existe un effet défavorable hautement significatif de la cuisson pour *D. dumetorum*. Il ya donc une tendance à la solubilisation de certaines substances azotées, en majeure partie des acides aminés libres selon SPLITISTOESSER (1976), lorsque les tubercules sont immergés dans l'eau ou la soude bouillante ; une proportion plus importante d'Azote soluble et probablement d'acides aminés libres chez *D. dumetorum* (TRECHE, 1983) serait responsable des différences de comportement observées entre les deux espèces.

La teneur en cendres diminue au cours de l'épluchage chimique et de la cuisson sauf lorsque les tubercules sont cuits dans l'eau avec leur peau. Les teneurs en Calcium et Phosphore baissent également de façon notable, surtout chez *D. dumetorum*, lors de l'épluchage chimique mais les variations au cours de la cuisson ne suivent pas celles de la teneur en cendres : la cuisson à la vapeur est responsable d'augmentation de teneurs en Calcium et phosphore plus ou moins importantes selon l'état des tubercules au moment de la cuisson tandis que la cuisson à l'eau serait à l'origine d'une augmentation des teneurs lorsque les tubercules sont cuits entiers avec leur peau et d'une tendance à la diminution lorsqu'ils sont découpés au préalable en cossettes. Cet effet de la cuisson est comparable à celui observé par TRUE *et al.* (1979) sur certaines variétés de pomme de terre et par BELL (1981) sur les ignames ; on le retrouve lors de la cuisson de reconstitution sous forme de cossettes et, pour le phosphore, au niveau du bilan de la préparation des farines. Au cours du séchage, on note avec *D. dumetorum* une augmentation des teneurs en cendres, phosphore et calcium ; avec *rotundata*, la teneur en calcium s'élève notablement mais les teneurs en cendres et Phosphore auraient tendance à diminuer. Ces résultats sont très différents de ceux de JOSEPH (1973) qui observe, lors du séchage au soleil de racines broyées de manioc, des pertes considérables de cendres, phosphore et calcium. Au cours des autres étapes de la préparation des produits, on note un effet défavorable sur la teneur en calcium lorsque les produits sont broyés juste après séchage et conservés sous la forme de farine ; cet effet est compensé par les pertes subies non seulement pour le Calcium, mais aussi pour le Phosphore et les cendres, lors de la cuisson de reconstitution des cossettes. Le bilan de la préparation de farines révèle des diminutions importantes de teneurs en phosphore et calcium pour presque tous les modes de préparation et en cendres lorsque les farines ont été précuites ; la teneur en fer augmente considérablement lorsque le séchage est effectué en étuves. Les variations de teneurs en minéraux sont la résultante des contaminations en provenance de l'eau de cuisson, en particulier lors d'un lavage imparfait des tubercules cuits avec leur peau, des récipients métalliques de cuisson et de séchage ou de poussières atmosphériques et des pertes par solubilisation.

La fraction glucidique est peu affectée par l'épluchage chimique, on note principalement une légère augmentation relative de la teneur en amidon qui compense les pertes observées sur tous les autres nutriments. La cuisson et le séchage sont responsables d'une diminution de la teneur en amidon qui s'accompagne parfois d'une augmentation de teneur en glucides solubles : une partie de l'amidon doit être transformée, par solubilisation dans l'eau ou par hydrolyse, en sucres hydrosolubles qui peuvent s'accumuler, passer dans l'eau ou être utilisés à la synthèse de glucides membranaires. L'augmentation de la teneur en indigestible glucidique, enregistrée pendant le séchage doit être la conséquence de cette synthèse qui est à rapprocher pour *D. dumetorum* du phénomène de durcissement (TRECHE et DELPEUCH, 1982 ; SEALY, 1982). Les variations de la fraction glucidique au cours de la conservation sont plus difficilement interprétables : elles affectent principalement les teneurs en amidon et en glucides solubles des produits préparés à partir de *D. dumetorum* et pour lesquels il y aurait un effet de la forme et de la durée de conservation. Le bilan de la préparation des farines est différent selon l'espèce considérée et le mode de préparation. Pour les farines de *D. rotundata*, on observe une augmentation de teneur en amidon et en indigestible glucidique lorsque les farines ne sont pas précuites et une tendance à une diminution de ces mêmes teneurs lorsque les farines ont subi une précuisson ; le séchage au soleil serait responsable d'une augmentation

plus importante en indigestible glucidique. Avec *D. dumetorum* l'effet cuisson ne joue que sur les teneurs en glucides alcoolosolubles et en glucides de poids moléculaire intermédiaire ; la teneur en amidon diminue quel que soit le mode de préparation sauf pour les farines séchées en étuve sans être précuites tandis que la teneur en indigestible glucidique augmente.

Au cours des traitements successifs, l'amidon subit non seulement des variations quantitatives mais aussi des transformations qui modifient ses propriétés en particulier la sensibilité aux amylases. Conformément aux résultats de travaux antérieurs (SZYLIT *et al.*, 1977 ; DELPEUCH *et al.*, 1978 ; TRECHE et GUION, 1982) on constate une différence importante de comportement entre les deux espèces d'ignames : les taux d'hydrolyse de l'amidon de *D. rotundata* restent beaucoup plus faibles que ceux des amidons de *D. dumetorum* tant dans les farines n'ayant pas subi de précuisson que dans les farines précuites. En ce qui concerne les farines précuites, les écarts entre les taux d'hydrolyse mesurés sur les deux espèces sont relativement plus importants après 15 minutes qu'après trois heures ce qui devrait se traduire chez les consommateurs par une plus ou moins grande facilité de digestion à approcher des observations de WOMACK *et al.* (1976) qui parlent de tubercules ayant la réputation d'être « lourds dans l'estomac, c'est-à-dire, difficile à digérer ». Il est d'ailleurs probable que, même après la cuisson de reconstitution, des différences de sensibilité à l'attaque enzymatique et donc de digestibilité subsistent entre les deux espèces (CERNING — BEROARD et LE DIVIDICH, 1976).

D'autres éléments de la valeur nutritionnelle des produits n'ont pas été pris en compte dans cette étude. D'après les résultats de TRUE *et al.* (1979), les teneurs en certains minéraux (Aluminium, Cuivre, Fer, Magnésium, Potassium, Sélénium) sont susceptibles de diminuer au cours de la cuisson des pommes de terre dans des proportions voisines de celle de la teneur en Calcium ; ces variations ne devraient pas modifier notablement la valeur nutritive minérale de nos ignames puisque le calcium en est le facteur limitant (TRECHE *et al.*, 1982). La composition en acides aminés et la valeur biologique des protéines ne devraient pas non plus subir de modifications importantes si les ignames se comportent au cours de la cuisson comme la pomme de terre (HUGHES, 1958) ; cela reste à vérifier en particulier pour *D. dumetorum* dont les matières azotées renferment une forte proportion d'Azote soluble (TRECHE, 1983). En ce qui concerne les variations des teneurs en vitamines des tubercules au cours des traitements technologiques les résultats des différents auteurs ne concordent pas toujours : COURSEY et AIDOO (1966) estiment que les pertes en vitamine C au cours de la cuisson varient entre 5 et 35 pour cent alors que UMOH et BASSIR (1977) et LE BERRE *et al.* (1969) ont respectivement mesuré ces pertes à 68 et 91 pour cent ; d'après BELL (1981) les coefficients de rétention moyens des vitamines de groupe B sont voisins de 70 pour cent après cuisson à l'eau et de 65 pour cent lors de la préparation de farines.

Cette étude permet de faire un choix définitif entre les modes de préparation sélectionnés lors d'une précédente étude (TRECHE *et al.*, 1983) en tenant compte de leur facilité d'exécution et des qualités organoleptiques et bactériologiques des produits préparés. La conservation et la reconstitution sous forme de cossettes sont à proscrire compte tenu des pertes importantes en Protéines, Calcium et Phosphore. Les produits proposés seront donc des farines pour lesquelles la précuisson, dans l'eau ou à la vapeur est à préconiser car elle améliore la digestibilité de l'amidon dont les grains risquent d'être insuffisamment endommagés au cours de la cuisson de reconstitution. L'utilisation de tubercules de *D. dumetorum* déjà durcis, à condition que la durée de leur conservation n'ait pas altéré leurs propriétés organoleptiques (MARTIN et KUBERTE, 1976), et la pratique de l'épluchage chimique sont possibles car les effets défavorables dont ils sont responsables sur la valeur nutritionnelle ne se retrouvent plus en fin de traitement sur les produits finis. Le choix du mode de séchage dépendra de l'échelle de production ; au niveau industriel ou coopératif on pourra envisager le séchage en étuve à ventilation plus rapide et présentant mieux certains nutriments comme le phosphore et les vitamines ; au niveau familial on pourra pratiquer le séchage au soleil à condition d'utiliser des supports adéquats et d'attendre le temps nécessaire pour que la teneur en eau des produits soit inférieure à 12 pour cent. La durée de conservation des farines en sacs de polyéthylène ne semble pas modifier notablement la valeur nutritionnelle des produits mais des essais restent à faire concernant son influence sur les qualités organoleptiques.

BIBLIOGRAPHIE

- BELL A., 1981 — Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive des ignames (*Dioscorea* spp) du Cameroun *Thèse de 3e cycle. Université Paris VI.*
- BELL A., et FAVIER J.C., 1979 — Influence des transformations technologiques traditionnelles sur la valeur nutritive des taros et macabos du Cameroun — *Cahiers de l'ONAREST, Vol. 2, N° 3. pp. 17-26.*
- CERNING — BEROARD J., et LE DIVIDICH J., 1976 — Valeur alimentaire de quelques produits amylacés d'origine tropicale : étude *in vitro* et *in vivo* de la patate douce, de l'igname, du malanga, du fruit à pain et de la banane — *Ann. Zootech., Vol. 25, N° 2, pp. 155-168.*
- COURSEY D.G., et AIDOO A., 1966 — Ascorbic acid levels in ghanaiian yams *J. Sci. Fd Agric., Vol. 17, pp. 446-449.*
- DELPEUCH F., FAVIER J.C., et CHARBONNIERE R., 1978 — Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales — *Ann. Tech. Agric., Vol. 27, N° 4, pp. 809-826.*
- EWERS E., 1965 — Determination of starch by extraction and dispersion with hydrochloric acid. International Organisation for standardization (ISO/TC93/WGL).
- FAVIER J.C., CHEVASSUS-AGNES S., et GALLON G., 1971 — La technologie traditionnelle du manioc au Cameroun — Influence sur la valeur nutritive *Ann. Nutr. Alim., Vol. 25, pp. 1-59.*
- FRANCIS B.J., HALLIDAY D., et ROBINSON J.M., 1975 — Yams as a source of edible protein. *Trop. Sci., Vol. 17, N° 2, pp. 103-110.*
- GOODING E.G.B., 1972 — The production of instant yam in Barbados — I. Process development — *Trop. Sci., Vol. 14, N° 4, pp. 323-333.*
- GUEGUEN L., et ROMBAUTS P., 1961 — Dosage du sodium, du potassium, du calcium et du magnésium par spectrophotométrie de flamme dans les aliments, le lait et les excreta — *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys., Vol. 1, N° 1, pp. 80-97.*
- GUILLEMET R., et JACQUOT R., 1943 — Essai de détermination de l'indigestible glucidique — *C.R. Acad. Sci. Paris, Série D, Vol 216, pp. 508-510.*
- HODGE J.E., et HOFREITER B.T., 1962 — Determination of reducing sugars. Dans *Methods in carbohydrate chemistry, I, pp. 389-390.* Academic Press, New-York and London.
- HUGHES B.P., 1958 — The amino acid composition of potato protein and of cooked potato — *Br. J. Nutr., Vol. 12, pp. 188-195.*
- JOSEPH A., 1973 — Influence de la technologie traditionnelle du manioc sur les teneurs en éléments minéraux et en phosphore phytique — *Ann. Nutr. Alim., Vol. 27, pp. 125-139.*
- JUNEK J. et SISTRUNK W.A., 1978 — Sweet potatoes high in vitamin content but content is affected by variety and cooking method-Arkansas Farm research, Sept-Oct, pp. 7.
- LE BERRE S., GALLON G., et TABI B., 1969 — Teneur en vitamine C dans les tubercules et le plantain du Cameroun avant et après cuisson — *Ann. Nutr. Alim., Vol. 23, pp. 31-45.*
- LONGE O.G., 1980 — Effect of processing on the chemical composition and energy value of cassava — *Nutr. Rpts. Int., Vol. 21, N° 6, pp. 819-828.*

- MARTIN F.W., et RUBERTE R., 1976 — Changes in the quality of yams in storage
Trop. root and tuber crops News letter, N° 9 pp. 40–51.
- MBOME LAPE I., MICHEAU H. et TRECHE S., 1982 — Conditions d'utilisation de la méthode polarimétrique d'EWERS pour le dosage de l'amidon des tubercules tropicaux cultivés au Cameroun — *Revue Science et Technique, (Sci. Santé)*, N° 3, pp. 83–94.
- MOY J.H., WANG N.T.S., et NAKAYAMA T.O.M., 1977 — Dehydration and processing problems of taro — *J. Fd Sci.*, Vol. 42, N° 4, pp. 917–920.
- OGUNSUA A.O., et ADEDEJI G.T., 1979 — Effect of processing on ascorbic acid in different varieties of cassava — *J. Fd Technol.*, Vol. 14, pp. 69–74.
- RIVERA-ORTIZ J.M., et GONZALEZ M.A., 1972 — Lye peeling of fresh yam, *Dioscorea alata* — *J. Agric. Univ. P.R.*, Vol. 56 N° 1, pp. 57–63.
- SEALY L., 1982 — Etudes ultrastructurales et biochimiques du phénomène de durcissement post-récolte du tubercule de l'igname (*Dioscorea dumetorum*) — *Thèse de 3e cycle — Université de Nantes.*