

**FORMULATION D'ALIMENTS INFANTILES A BASE DE FARINES  
D'IGNAME ENRICHIES AU SOJA**

**Soro S<sup>1\*</sup>, Konan G<sup>1</sup>, Elleingand E<sup>2</sup>, N'guessan D<sup>3</sup> and E Koffi<sup>1</sup>**



**Soro Soronikpoho**

\* Corresponding author email: [soronik@yahoo.com](mailto:soronik@yahoo.com)

<sup>1</sup> Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments; Biosciences, Université de Cocody Abidjan 22 Bp 582 Abidjan 22, Ivory Coast

<sup>2</sup> Département Génie chimique et agroalimentaire, INPHB de Yamoussoukro

<sup>3</sup> Laboratoire de pharmacodynamie biochimique; Biosciences, Université de Cocody

## ABSTRACT

The aim of this study was to determine factors to be taken into account in the infant flours formulated from yam and soy fermented flours. For this purpose, soybean flour (*Glycine max*) was fermented for 48 hours and incorporated into yam flour (*Dioscorea rotundata-cayenensis*, kponan and *Dioscorea alata*, Bête Bètè) fermented for 24 hours at different levels (0, 10, 20, 30 and 40%). Nutrient qualities of gruel of the formulations thus prepared were evaluated. Protein content increased with the rate of soy incorporated. For *D. alata*, protein content ranged from  $6.56 \pm 0.01$  g / 100 g (unfermented yam flour) and  $7.38 \pm 0.27$  g / 100 g (fermented yam flour) to  $21.88 \pm 1.09$  g / 100 g of 40% soy rate incorporation. For *D. cayenensis*, protein content ranged from  $4.81 \pm 0.01$  g / 100 g (unfermented yam flour) and  $5.25 \pm 0.43$  g / 100 g (fermented yam flour) to  $20.92 \pm 0.21$  g / 100 g of 40% soy rate incorporation. Fermentation of yams and soybeans induces an increase of protein content in yam and soy based flours. Protein content in most formulated complementary foods containing soy flours were comparable to values of commercial flours (FARINOR<sup>®</sup> and SOJABEBE<sup>®</sup>). However, formulated flours were poor in calcium, iron and zinc. Calcium content of formulated yam based flours was lower than commercial one; FARINOR<sup>®</sup> (136.36mg/100kcal) and SOJABEBE<sup>®</sup> (66.88mg/100kcal). Iron densities ranged from 0,18mg/100kcal (SOJABEBE<sup>®</sup>) to 3.81mg/100 kcal (FARINOR<sup>®</sup>). The results obtained show that, swelling power and solubility decreased with the rate of soy incorporated. In addition, phenolic compounds of fortified yam based flours with soy, resulted a lower content. 30 % incorporation of soy in yam flours, owing to increase significantly yam/soy based flours enzymatic hydrolysis?. Sensory tests limited maximum level of soy to 30% and 20%. Sensory profile of yam flour fortified with fermented soybeans (30% and 20%) was determined.

**Key words:** infant flour, yam, soy, nutrition

## RESUME

L'objectif de cette étude est de déterminer les facteurs à prendre en compte dans la formulation d'une farine infantile répondant aux besoins nutritionnels des enfants de moins de 1 an, à partir de farines d'igname et de soja. A cet effet, la farine de soja (*Glycine max*, variété Canarana) a été fermentée pendant 48 h et incorporée aux farines d'igname (*Dioscorea cayenensis-rotundata*, variété Kponan et *Dioscorea alata*, variété Bètè Bètè) fermentées pendant 24 heures, à différentes proportions (0, 10, 20, 30 et 40 %). Les compositions biochimiques des formulations ont été déterminées. Les résultats ont montré que la fermentation et l'enrichissement des farines d'igname au soja augmentent significativement ( $P < 0,05$ ) la valeur nutritive des farines. La teneur en protéines des farines d'igname, augmente proportionnellement avec le taux de soja incorporé. En effet, pour *Dioscorea alata* variété Bètè Bètè, ces teneurs varient de  $6,56 \pm 0,01$  g /100 g (farine d'igname non fermentée) et  $7,38 \pm 0,27$  01 g /100 g (farine d'igname fermentée) jusqu'à  $21,88 \pm 1,09$  g / 100 g au taux d'incorporation de 40 % de soja. Ces teneurs augmentent de  $4,81 \pm 0,01$  g / 100 g (farine d'igname Kponan non fermentée) et  $5,25 \pm 0,43$  g / 100 (farine d'igname Kponan fermentée) pour atteindre  $20,92 \pm 0,21$  g / 100 g au taux d'incorporation de 40% de soja. Par ailleurs, les farines infantiles à base d'igname enrichie ou non au soja sont pauvres en calcium, fer et zinc. Les teneurs en calcium des farines infantiles à base d'igname sont inférieures à celles des farines de commerce ; FARINOR® (136,36 mg / 100 kcal) et SOJABEBE® (66,88 mg / 100 kcal). Les teneurs en fer sont comprises entre 0,18 mg / 100 kcal (SOJABEBE®) et 3,81 mg / 100 kcal (FARINOR®). L'étude des pouvoirs de gonflement et des indices de solubilité des farines ont montré une diminution proportionnelle au taux de soja incorporé. Les teneurs en polyphénols des formulations sont faibles. L'incorporation du soja jusqu'à 30 % augmente significativement ( $P < 0,05$ ), la digestibilité des farines d'igname / soja. Des tests d'évaluation sensoriels ont permis de limiter le niveau maximal d'incorporation du soja à 30% et 20%, et d'établir le profil sensoriel des farines d'igname fermentées enrichies au soja (30% et 20%).

**Mots clés :** farines infantiles, ignames, soja, nutrition

## INTRODUCTION

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la malnutrition concerne plus d'un milliard d'individus à travers le monde dont 90 % dans les pays en voie de développement [1]. En Côte d'Ivoire, la prévalence de la malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans est de 40,6 % avec 15,7 % de forme sévère et l'insuffisance pondérale touche 20,2 % des enfants, avec 4,3 % de forme sévère [2].

Les causes principales de cette malnutrition sont un déficit global d'ingéré protéino-énergétique et une carence en certains micronutriments clés en occurrence le calcium, le fer et le zinc. En effet, en Afrique subsaharienne, les premiers aliments de complément sont le plus souvent des bouillies à base de céréales, racines ou tubercules agrémentées ou non de sucre. Ces régimes principalement basés sur des aliments d'origine végétale apportent des quantités insuffisantes de certains nutriments clés; notamment le fer, le zinc, le calcium et l'iode, pour couvrir les besoins en nutriments recommandés entre 6 et 24 mois [3]. Aussi, la présence dans ces aliments de facteurs antinutritionnels tels que les tanins et l'acide phytique constitue la principale entrave à la couverture des besoins en protéines et minéraux des enfants [4]. Par ailleurs, les farines infantiles de commerce ne sont généralement pas utilisés par les ménages à bas revenu parce que ces aliments coûtent chers et ne sont pas toujours disponibles [5]. Face à cette situation, la promotion et la production de farines infantiles à partir de produits vivriers locaux disponibles, de haute densité énergétique (céréales et légumes) ont été adoptées pour élargir la gamme des aliments de base. Parmi ces produits vivriers, l'igname, tubercule riche en amidon et importante aussi bien pour sa consommation alimentaire élevée que pour sa valeur culturelle en Afrique de l'ouest est couramment utilisée dans les zones de production sous forme de farine malaxée dans l'alimentation des enfants [6]. Cependant, sa valeur nutritionnelle est limitée par sa faible teneur en protéines ( $6,12 \pm 0,85$  g / 100 g MS de *D. alata* et  $5,7 \pm 0,01$  g / 100 g MS de *D. cayenensis*) [7]. Il s'avère donc nécessaire d'adjoindre des sources de protéines aux repas infantiles à base de ce tubercule. Le soja, légumineuse riche en protéines (40 g / 100 g de matière sèche), en matières grasses (30 g / 100 g de matière sèche) et contenant les huit acides aminés essentiels est par excellence utilisé pour l'enrichissement protéique des formulations d'aliments infantiles et pour combattre la malnutrition à travers le monde [8].

La présente étude vise donc à déterminer les taux d'incorporation du soja et les paramètres influençant l'acceptabilité des bouillies en vue de mettre au point des farines infantiles à partir de farines d'igname et de soja.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel Végétal

Deux variétés d'igname ont été utilisées pour la production des farines, ce sont; la variété Kponan (*Dioscoréa cayenensis-rotundata*) et la variété Bètè Bètè (*Dioscoréa alata*). Ces ignames ont été achetées au marché d'Abobo-gare (Abidjan, Côte

d'Ivoire). Les tubercules attaqués par les rongeurs, les insectes et les microorganismes ont été éliminés.

Le soja utilisé pour l'enrichissement est la variété Canarana (*Glycine max*). Cette variété a été achetée à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bouaké.

Deux farines infantiles de commerce ont été utilisées comme références. Ce sont: FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>. Ces farines produites par des industries locales (Abidjan, Côte d'Ivoire), sont respectivement des mélanges blé / soja et maïs / riz / soja.

## Méthodes

### Préparation des farines

#### *Préparation des farines d'igname*

Les tubercules d'igname achetés, ont été triés et soigneusement lavés, séchés et entreposés à 1 m du sol pendant quatre semaines dans une salle dont la température varie entre 26°C et 29°C et d'humidité relative comprise entre 55 % et 80 % (hygrothermographe, Model NSH-Q, Satokeiyolei MFGCO).

Ils ont été ensuite épluchés avec un couteau, découpés en tranches d'environ 1,5 cm d'épaisseur et maintenus immergés dans une cuve d'eau (1/2; masse/volume) pour éviter le brunissement [9].

Les tranches d'igname ont été précuites dans une casserole en inox contenant de l'eau (2 : 1 ; m / v) en ébullition sur un feu de gaz. Après 15 min de précuisson, l'eau de cuisson a été retirée et les tranches d'igname ont été ensuite transvasées dans une grande cuve de fermentation contenant de l'eau (1:2; m / v). Après 24 heures de fermentation (à la température ambiante), les cossettes d'igname égouttées ont été râpées manuellement. Les râpures ont été séchées à 65°C pendant 48 h dans une étuve ventilée. L'épaisseur de la couche de râpure dans l'étuve est d'environ 1 cm [9]. Les râpures séchées ont été moulues et la semoule obtenue a été tamisée avec un tamis de 300 µm de diamètre. La farine obtenue a été emballée dans des sachets en polyéthylène de 500 g et conservée au réfrigérateur à 4°C jusqu'à l'enrichissement avec la farine de soja. Les mêmes opérations ont été effectuées pour chaque variété d'igname.

#### *Préparation de la farine de soja*

Les graines de soja ont été triées et précuites pendant 15 min dans une casserole d'eau portée à ébullition sur un feu de gaz, puis elle ont été refroidies dans l'eau, dépelliculées et égouttées.

Les graines de soja ont été ensuite grillées et fermentées par trempage dans une cuve d'eau hermétiquement couverte. Après 48 h de fermentation, les graines ont été

égouttées et grillées de nouveau, puis séchées à l'étuve ventilée à 65 °C pendant 48 h.

Les graines séchées, ont été moulues et tamisées. La farine obtenue a été stockée dans des sachets en polyéthylène de 500 g et conservés à 4 °C.

#### ***Formulation des farines d'ignames / soja***

Les farines d'igname / soja ont été obtenues par l'ajout de différentes proportions (0, 10, 20, 30 et 40 %) de farine de soja dans la farine d'igname et soigneusement mélangé dans un mixeur. Chaque formulation a été ensuite répartie en fractions de 250 g puis stockée pour les essais sensorielles.

#### ***Les différentes formulations et leurs abréviations***

FARINOR : Farine de commerce

SOJABEBE : Farine de commerce

FBbNF : Farine d'igname Bètè Bètè non fermentée

FBbF : Farine d'igname Bètè Bètè fermentée

FBbF10S : Farine d'igname Bètè Bètè fermentée, enrichie à 10% de soja

FBbF20S : Farine d'igname Bètè Bètè fermentée, enrichie à 20% de soja

FBbF30S : Farine d'igname Bètè Bètè fermentée, enrichie à 30% de soja

FBbF40S : Farine d'igname Bètè Bètè fermentée, enrichie à 40% de soja

FKpF : Farine d'igname Kponan fermentée

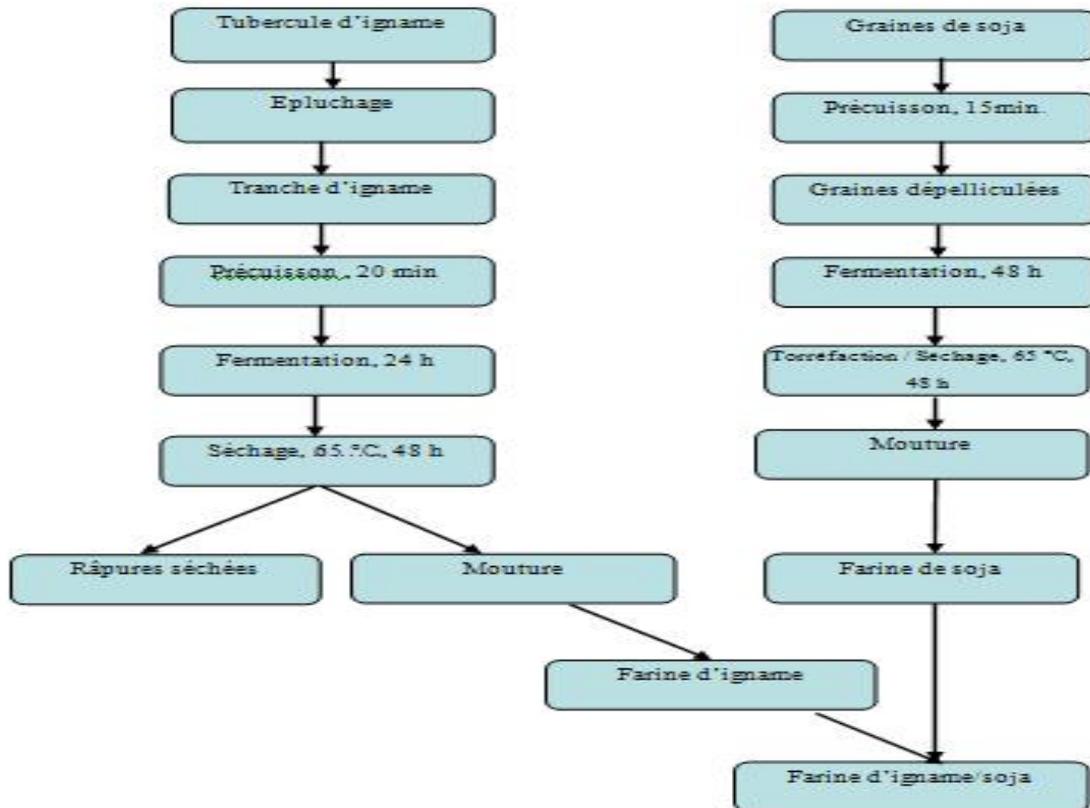
FKpNF : Farine d'igname Kponan non fermentée

FKpF10S : Farine d'igname Kponan fermentée, enrichie à 10% de soja

FKpF20S : Farine d'igname Kponan fermentée, enrichie à 20% de soja

FKpF30S : Farine d'igname Kponan fermentée, enrichie à 30 % de soja

FKpF40S : Farine d'igname Kponan fermentée, enrichie à 40 % de soja



**Figure 1: Diagramme de fabrication des farines d'igname / soja**

### Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques des farines produites ont été effectuées selon les méthodes AOAC [10].

### Détermination du taux d'humidité

L'échantillon de farine a subi une dessiccation à l'étuve à 105°C pendant 48 heures et la différence de poids a donné le taux d'humidité ;

### Détermination de l'acidité

#### Préparation de l'extrait de farine

Dix (10) grammes de farine ont été délayés dans 100 mL d'eau distillée. L'ensemble a été macéré pendant 30 min. Le mélange obtenu a été centrifugé ou filtré.

### Détermination du pH

Le pH a été déterminé selon la méthode potentiométrique en utilisant l'électrode d'un compte-pH (WTW PH 302).

Dix millilitres (10 mL) du surnageant précédemment obtenu a été prélevé et le pH a été mesuré au moyen d'un pH-mètre (HANNA INSTRUMENTS HI98150). La valeur du pH a été lue directement sur l'écran du pH-mètre.

#### ***Dosage de l'acidité titrable***

L'acidité titrable a été déterminée par dosage titrimétrique. Le dosage a consisté à déterminer la teneur totale en acide naturel du produit.

A dix millilitres (10 mL) du surnageant précédemment obtenu ont été ajoutés 2 gouttes d'un indicateur coloré (phénolphtaléine). Le mélange a été dosé avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'au virage au rose pâle. L'acidité exprimée en milliéquivalents pour 100 g d'échantillon (még/100g) a été calculée :

$$\text{Acidité (még / 100 g)} = (N_1 \times 10^5) / m \quad N_1 = (N_2 \times V_2) / V_1$$

Avec:

$V_1$  = Volume de la solution prélevée

$V_2$  = Volume de la soude (NaOH) versée

$N_1$  = Normalité de la solution prélevée

$N_2$  = Normalité de soude (0,1 N)

$m$  = masse de l'échantillon (en gramme)

#### ***Dosage des protéines***

L'azote total a été dosé selon la méthode de Kjeldahl après minéralisation sulfurique en présence de catalyseur au sélénium. La teneur en azote a été multipliée par 6,25 (coefficient de conversion de l'azote en protéines).

#### ***Dosage des lipides***

L'extraction a été faite par l'hexane dans un extracteur de type Soxhlet (Unid Tecator, System HT2 1045, Suède). Après évaporation du solvant et séchage de la capsule à l'étuve à 105°C pendant 30 mn; la différence de poids a donné la teneur en lipides de l'échantillon.

#### ***Détermination du taux de cendres***

L'échantillon de farine a été carbonisé sur un bec bunsen puis incinéré dans un four à 550°C pendant 24 heures.

#### ***Dosage des minéraux***

Après la minéralisation, les minéraux des cendres ont été dosés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique avec un appareil de type Pelkin Elmer (PE 3110, Norwalk USA).

#### ***Détermination du taux de glucides:***

La détermination a été effectuée selon la formule :

$$\% \text{Glucides} = 100 - (\% \text{Humidité} + \% \text{Protéine} + \% \text{Matière grasse} + \% \text{Cendre}).$$

**Détermination de la valeur énergétique**

La valeur énergétique a été calculée à l'aide des coefficients spécifiques d'Atwater pour les protéines, les lipides et les glucides [11].

**Détermination des phénols totaux****Préparation de l'extrait**

Les phénols totaux ont été extraits selon la méthode de Koffi *et al.* [12]. 2 g de farines et 10 mL de solution acetone-eau (4:1) ont été mélangés dans un tube à essai. Le tube est agité dans un bain-marie (gyratory water bath shaker, model G76D, New Brunswick Scientific Co., Edison, NJ) à 200 rpm, 60°C pendant 30 min. Le mélange est par la suite centrifugé à 2000 rpm pendant 2 min à l'aide d'une centrifugeuse (Dynac II centrifuge, (Becton & Dickinson Company, Franklin Lakes, NJ). Le mélange est filtré avec une seringue filtrante (Whatman, Inc., Clifton, NJ) de porosité 0,45 µm.

**Dosage**

L'extrait (0,5 mL) et 0,5 mL de réactif de Folin Ciocalteu ont été mélangés, ensuite 1 mL de carbonate de sodium (75g/L) a été ajouté. Le mélange a été incubé à la température de la salle pendant 2 h et l'absorbance a été mesurée à 760 nm avec un spectrophotomètre [12]. Une courbe d'étalonnage a été établie avec une gamme de concentrations de solution d'acide gallique (0 ; 0,02 ; 0,04 ; 0,06 ; 0,08 ; 0,1mg/mL). La teneur en phénols totaux a été exprimée en milligramme d'équivalent d'acide gallique(EAG) pour 100 g de poids sec (mg EAG/100g MS).

**Détermination du pouvoir de gonflement et solubilité**

Ces deux propriétés des farines ont été déterminées par gravimétrie selon le protocole de Li et Corke [13].

Une suspension de farine (0,3g +15 mL d'eau distillée) a été chauffée de 50 °C à 95 °C, puis maintenue à 95 °C pendant 15 min sous agitation maximale et centrifugée à 2800 rpm. Le surnageant a été prélevé et séché à 105 °C pendant 24 h puis le résidu est pesé. Le pourcentage de farine dissous dans l'eau détermine la solubilité (S) :

$$S (\%) = (E \times 100) / m$$

E = masse du surnageant après étuvage et m = masse de l'échantillon prélevé

Le culot a été immédiatement pesé, séché à l'étuve (MEMMERT UM 500, MEMMERT GmbH+Co.KG, Allemagne-Schwabach) à 105 °C pendant 24 h et repesé. Le pouvoir de gonflement (G) a été déterminé selon la formule de Leach et Schoch [14]:

$$G (\text{ge/gMS}) = (m_h - m_s) / m_s$$

$m_h$  = masse du culot humide

$m_s$  = masse du culot séché à l'étuve (g).

### **Hydrolyse enzymatique des farines**

Une quantité de farine, 0,2 g a été pré-gélatinisée dans 20 mL de tampon acétate (20 mM, pH 5) sous agitation minimum pendant une minute. Refroidie à la température ambiante et complétée à 20 mL millilitres avec du tampon acétate (20 mM, pH 5), cette suspension a été placée dans un bain-marie réglé à 37 °C. Lorsque la température du bain était stabilisée à 37°C (mesurée à l'aide d'un thermomètre à immersion totale), 0,1 mL de la suspension a été prélevée au temps initial  $t_0$ . La suspension a été additionnée ensuite de 200  $\mu$ L de suc digestif d'escargot (*Achachatina ventricosa*) [15]. La digestibilité a été suivie pendant 180 min. Des prélèvements (0,1 mL) ont été effectués à divers intervalles de temps (0; 5; 10; 20; 40; 60; 90; 120; 150; 180 min). La réaction enzymatique a été bloquée par addition de 0,1 mL de soude. Les sucres solubles ont été dosés par la méthode au 3, 5-dinitrosalicylique (DNS) [16]. Une courbe d'étalonnage a été établie avec une gamme de solutions de glucose (0 ; 0,387 ; 0,790 ; 0,865 ; 1,619mg/mL). Le degré d'hydrolyse de la farine est exprimé en quantité de sucres réducteurs / temps d'hydrolyse.

### **Analyse sensorielle**

#### ***Préparation des bouillies***

Des essais préliminaires avec des dégustateurs (non entraînés) ont permis de retenir la cuisson de 50 g de farine dans 225 mL d'eau de robinet. Cette quantité a tenu compte de la fluidité de la bouillie. La cuisson a duré 8 minutes sur feu doux et du sucre de table a été ajouté (au taux massique de 11%) en fin de cuisson. Les bouillies ont été mises à refroidir à la température ambiante dans la salle de préparation jusqu'à 50 °C environ avant d'être servies.

#### ***Tests d'acceptabilité***

Le panel a été constitué avec 42 personnes non entraînées (jeunes filles et garçons, femmes et hommes adultes), recrutées sur la base de leur disponibilité. Les échantillons de bouillies codés (avec 3 chiffres) ont été présentés monadiquement à chaque panéliste dans un ordre randomisé.

Le plaisir perçu par chaque panéliste a été marqué sur une échelle hédonique à 9 points. Les notes allant de 9 (extrêmement plaisant) à 1 (extrêmement déplaisant) ont été affectées aux différentes modalités de l'échelle [17].

#### ***Analyse descriptive quantitative***

La méthode consiste à évaluer et quantifier les descripteurs appropriés (odeur, goût, consistance, couleur et la texture) selon une échelle de catégorie.

Les bouillies préparées à base des farines de Bètè Bètè enrichies à 30 % de soja ; de Kponan enrichies à 20 % et 30 % de soja, ainsi que des farines FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup> ont été présentées à un jury de 22 personnes recrutées et initiées à la méthodologie d'analyse. Ces bouillies ont été codées (avec 3 chiffres) et présentées simultanément dans un ordre randomisé [17].

### ***Test de préférence par classement***

Le panel a été constitué avec 42 personnes non entraînés, recrutés sur la base de leur disponibilité. Les bouillies préparées avec les farines d'igname / soja (Bètè Bètè au soja 30 %, Kponan au soja 20 % et 30 %), ainsi que des farines infantiles du commerce FARINOR® et SOJABEBE® ont été présentées simultanément à chaque panéliste suivant une distribution en aveugle (échantillons codés) et un plan d'expérience en blocs complets équilibrés et randomisé [17].

### **Traitement statistique des données**

L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel « Statistical Program for Social Sciences » version 11.0. La variabilité des paramètres étudiés a été testée selon la variété d'igname et le taux d'enrichissement. Une analyse de variance (ANOVA) a deux facteurs (variété d'igname et taux d'enrichissement) a été effectuée et la significativité des différences entre les échantillons de bouillies et de farines a été déterminée au risque d'erreur  $\alpha = 0,05$ .

## **RESULTATS**

### **Caractéristiques physico-chimiques des farines**

Les caractéristiques physico-chimiques (composition chimique et propriétés fonctionnelles) des farines sont présentées dans les tableaux 1 et 2. Les résultats indiquent que les taux d'humidité des farines sont compris entre  $3,26 \pm 0,01$  / 100g de SOJABEBE® et  $6,01 \pm 0,26$  / 100 g de farine de Kponan non fermentée.

Les acidités titrables sont comprises entre 2,5 méq / 100 g (FBbNF) et 3,75 méq / 100 g (de farine de soja). Celles des farines d'igname / soja restent invariables quelque soit le taux d'incorporation du soja. Ces valeurs sont : 3,5 méq / 100 g pour les farines de Bètè Bètè / soja et 3,25 méq / 100 g pour les farines de Kponan /soja. Les pH des farines sont compris entre  $4,95 \pm 0,20$  (pour la farine de soja) et  $6,66 \pm 0,04$  (pour la farine de Bètè Bètè non fermentée).

Les teneurs en protéines des farines d'igname varient de  $6,56 \pm 0,01$  g / 100 g (FBbNF) et  $4,81 \pm 0,01$  g / 100 g (FKpNF) à respectivement  $7,38 \pm 0,27$  g / 100 g (FBbF) et  $5,25 \pm 0,43$  g / 100 g (FKpF). Celles des farines de commerce sont  $15,31 \pm 0,31$  g / 100 g (FARINOR®) et  $15,97 \pm 0,21$  g / 100 g (SOJABEBE®) et la teneur en protéines de la farine de soja est  $43,99 \pm 0,15$  g / 100 g. La teneur en lipides la plus élevée des farines d'igname est  $0,87 \pm 0,13$  g / 100 g (FbbNF), celle des farines de commerce sont  $8,96 \pm 0,2$  g / 100 g (FARINOR®) et  $5,38 \pm 0,1$  g / 100 g (SOJABEBE®). La teneur en glucides ( $18,97 \pm 0,39$  g / 100 g) du soja est la plus faible.

Aussi, la fortification des farines d'igname au soja accroît-elle les teneurs en nutriments proportionnellement aux taux d'incorporation du soja. Ainsi, pour les farines à base d'igname de la variété Bètè Bètè fermentées, une incorporation de 40 % de farine de soja fermentée, augmente les teneurs respectives en protéines, lipides et cendres de  $7,38 \pm 0,27$  g / 100 g de farine;  $0,5 \pm 0,1$  g / 100 g de farine;  $1,25 \pm 0,11$  g /

100 g de farine à respectivement  $21,88 \pm 1,09$  g / 100 g de farine;  $13,46 \pm 0,7$  g / 100 g de farine;  $1,88 \pm 0,06$  g / 100 g de farine. Quand aux farines à base d'igname de la variété Kponan fermentées, une incorporation de 40 % de farine de soja fermentée, augmente les teneurs respectives en protéines, lipides et cendres de  $5,25 \pm 0,43$  g / 100 g de farine;  $0,19 \pm 0,01$  g / 100 g de farine;  $0,93 \pm 0,12$  g / 100 g de farine à respectivement  $20,92 \pm 0,21$  g / 100 g de farine;  $12,76 \pm 0,51$  g / 100 g de farine;  $1,1 \pm 0,07$  g / 100 g de farine. Les effets les plus significatifs de la fortification ( $P < 0,05$ ) sur la composition chimique des farines d'igname se situent au niveau des teneurs en protéines et en lipides. Une incorporation de 10 % de soja augmente 40 fois la teneur en protéines et 578 fois la teneur en lipides.

Les valeurs en énergie métabolisable des farines d'igname sont comprises entre  $385,1 \pm 3,5$  et  $374,5 \pm 0,66$  kcal / 100 g de farine et celles des farines de commerce sont  $415,72 \pm 0,36$  kcal / 100 g (FARINOR®) et  $405,94 \pm 0,01$  kcal / 100 g (SOJABEBE®). Concernant les bouillies, les valeurs énergétiques varient de  $101,61 \pm 0,07$  kcal / 100 g de bouillies (d'igname, variété Kponan fermentée) à  $113,63 \pm 0,1$  kcal / 100 g de bouillie (d'igname Bètè Bètè fermenté, enrichie au soja 40 %).

La fermentation de 24 heures augmente la teneur en polyphénols des farines d'igname Bètè Bètè de  $58,5 \pm 0,08$  mgEAG / 100 g MS à  $63 \pm 0,07$  mgEAG / 100 g MS et celle des ignames Kponan de  $87,5 \pm 0,03$  mgEAG / 100 gMS à  $96,5 \pm 0,01$  mgEAG / 100 g MS. Ces teneurs sont supérieures à la teneur en polyphénols de SOJABEBE ( $47,5 \pm 0,02$  mgEAG / 100 g MS) et inférieures à celles de la farine de soja ( $181,5 \pm 0,01$  mgEAG / 100 g MS) et FARINOR ( $197 \pm 0,03$  mgEAG / 100 g MS).

### **Teneurs en minéraux des farines**

Les teneurs en minéraux des farines à base d'igname et d'igname / soja sont présentés dans le tableau 3.

Les résultats indiquent que les teneurs en calcium (Ca), fer (Fe) et zinc (Zn) des farines infantiles à base d'igname enrichies ou non au soja varient respectivement de  $34,11$  mg / 100 kcal (FBbF10S),  $0,80$  mg / 100 kcal (FKpF) et  $0,39$  mg / 100 kcal (FBbNF) à respectivement  $60,02$  mg / 100 kcal (FKpF),  $3,67$  mg / 100 kcal (FBbF) et  $1,25$  mg / 100 kcal (FKpNF).

Les teneurs en calcium des farines infantiles à base d'ignames sont inférieures à celles des farines de commerce ; FARINOR® ( $136,36$  mg / 100 kcal), SOJABEBE® ( $66,88$  mg / 100 kcal). Les teneurs en fer sont comprises entre  $0,18$  mg / 100 kcal (SOJABEBE®) et  $136,69$  mg / 100 kcal (FARINOR®). Les teneurs en minéraux des farines sont variables et sont pour la plupart inférieures à celle de la farine de commerce FARINOR®.

### **Pouvoir de gonflement et indices de solubilité des farines**

Les quantités d'eau absorbées (ge / 100 g de farine) et les quantités de sucres libérées lors du chauffage des différentes farines sont présentées dans le tableau 2. Ces

résultats indiquent que les farines à base de céréales (Farine de soja, FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>) ont des pouvoirs de gonflement significativement ( $P < 0,05$ ) moins élevés que les farines à base d'ignames. Il n'existe pas de différence significative entre les pouvoirs de gonflement et les indices de solubilité des farines de la variété Kponan (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) fermentée et non fermentée et ceux des farines de *Dioscorea alata* fermentée et non fermentée respectivement. Par contre la fortification augmente le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité des farines d'igname enrichies avec 10 % de farine de soja. A l'exception de l'enrichissement à 10%, le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité des farines d'igname diminuent proportionnellement au taux d'incorporation du soja. Les farines commerciales FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup> présentent des indices de solubilité plus élevés que ceux des farines d'ignames enrichies ou non au soja. On observe une forte corrélation ( $r^2 = 0,82$ ) entre les pouvoirs de gonflement et les indices de solubilité.

### Hydrolyse enzymatique des farines:

Les courbes d'hydrolyse des figures 2 et 3, présentent les quantités de sucres libérées lors de l'hydrolyse enzymatique des farines.

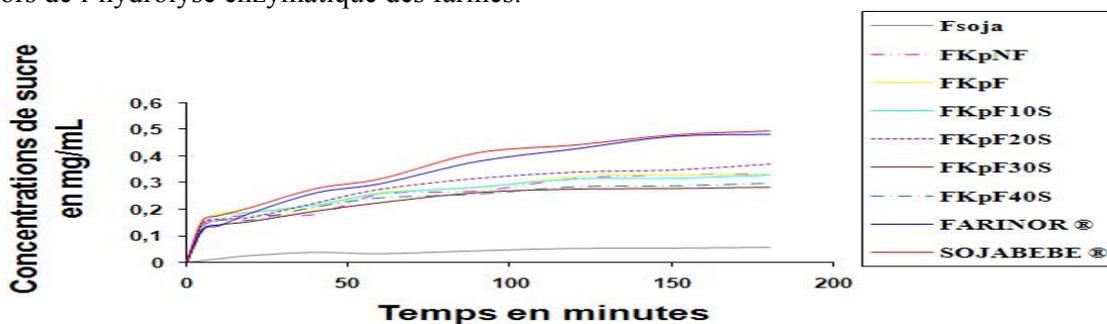


Figure 2: Courbes d'hydrolyse enzymatique des farines à base d'igname Bètè Bètè

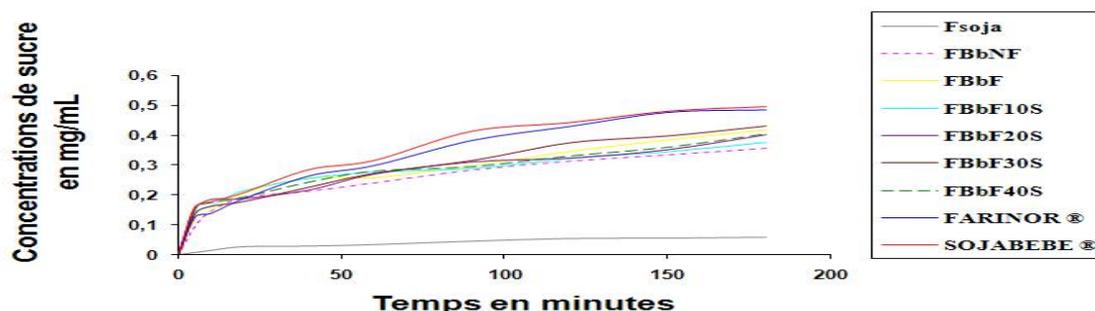


Figure 3: Courbes d'hydrolyse enzymatique des farines à base d'igname Kponan

Les figures 2 et 3, présentent respectivement les quantités de sucres libérées lors de l'hydrolyse enzymatique des farines à base d'ignames Bètè Bètè et Kponan, enrichies ou non au soja. Elles présentent, les cinétiques d'hydrolyse des farines de commerce (FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>). Pour chaque variété d'igname, les quantités de sucres libérées sont plus importantes pour les farines d'igname fermentées que pour les

farines d'igname non fermentées. Elles sont également plus importantes pour les farines de la variété Bètè Bètè (*Dioscorea alata*) que pour les farines de la variété Kponan (*Dioscorea cayenensis-rotundata*). La fortification n'a pas d'effet significatif sur la susceptibilité des farines d'igname aux enzymes du suc digestif pour toutes les farines fermentées enrichies ou non au soja. Toutefois, les quantités de sucres hydrolysés sont significativement ( $P < 0,05$ ) élevées pour les farines FBb30S et FKp20S. Après 90 minutes, les farines de commerce (FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>), sont plus sensibles à l'hydrolyse enzymatique que les farines à base d'igname. La farine de soja n'a pratiquement pas été hydrolysée par les enzymes du suc digestif d'escargot.

### Acceptabilité des bouillies

L'acceptabilité globale des bouillies présentée dans le tableau 4, montre que les bouillies ont été diversement appréciées. Toutefois, les bouillies des farines formulées ont été jugées plaisantes (note de 6) jusqu'à 40 % d'incorporation du soja.

Ce tableau montre que les bouillies des farines de Bètè Bètè fermentées ne contenant pas de soja et celles additionnées de 10% de farine de soja fermentée sont les plus appréciées de toutes les bouillies à base de farine de cette variété d'igname (note de 7 équivalant à modérément plaisant). Ces dernières ont des notes qui équivalent au niveau d'acceptabilité légèrement plaisant (note de 7).

Pour la variété d'igname Kponan, la bouillie additionnée de 10 % de farine de soja fermentée a la plus forte acceptabilité (note de 7). Toutes les autres bouillies y compris celle à base de farine d'igname uniquement sont légèrement acceptées (note de 6).

### Profils sensoriels

Les profils sensoriels des bouillies à base des farines de commerce (FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>) et des farines d'igname / soja (FBbF30S, FKpF20S et FKpF30S) sont présentés dans la figure 1.

L'ordre décroissant de préférence des bouillies est FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>, FBbF30S, FkpF20S et FkpF30S. Il n'a pas été observé une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les bouillies à base des farines FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>.

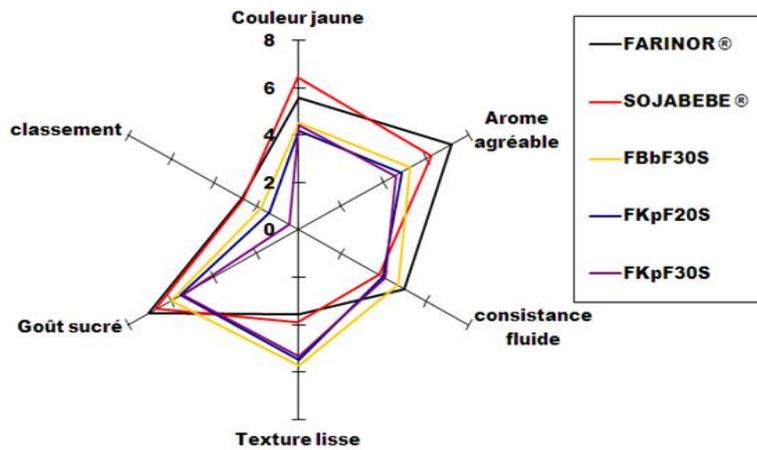


Figure 4: Profils sensoriels des bouillies

## DISCUSSION

### Caractéristiques physico-chimiques des farines

Les teneurs en protéines des farines d'igname [6,56 ± 0,01 g / 100 g d'igname Bète Bète non fermentée (FBbNF) et 4,81 ± 0,01 g / 100 g d'igname Kponan non fermentée (FKpNF)] sont comparables à celles trouvées par Comoé [7]. Cet auteur a rapporté que la teneur en protéines des ignames *D. alata* varie de 6,12 g / 100 g à 7,07 g / 100 g de farine. Celle des ignames *D. cayenensis* est de 5,7 g / 100 g.

Les résultats présentés dans les tableaux 1 et 2 montrent que la fermentation modifie considérablement les caractéristiques physicochimiques des farines d'igname. Cela se traduit par l'augmentation de la teneur en protéines, l'augmentation de l'acidité et une diminution des teneurs en lipides, glucides totaux et des taux de cendres des farines fermentées.

L'augmentation de la teneur en protéines après la fermentation pourrait être attribuée au métabolisme de la flore microbienne endogène (champignons, moisissures, levures et bactéries) présente dans le milieu de fermentation [18]. Toute fois, notons que les 24 heures de fermentation des ignames sont inférieures aux durées traditionnelles de fermentation (72 à 96 heures) [19].

La diminution des teneurs en lipides, glucides totaux et des taux de cendres pourrait être attribuée d'une part à l'utilisation de ces nutriments par les microorganismes, et d'autre part à une perte dans l'eau de trempage. La production d'acides organiques à partir des lipides justifierait la baisse du pH au cours de la fermentation, la diminution des teneurs en lipides des farines et l'élévation de l'acidité titrable comme l'ont signalé Abiodum *et al.* [20].

Les farines d'igname non enrichies ont des teneurs élevées en glucides et en énergie. Toutefois, les teneurs en protéines, lipides, minéraux et énergies sont inférieures aux recommandations [21].

Concernant la composition chimique de la farine de la variété Canarana de soja (*glycine max*) fermentée, la teneur en protéines (43,33 g / 100 g MS) est comparable à 45,8 g / 100 g MS rapporté par Solomon [22]. Cela pourrait être attribué au procédé de fabrication (précuisson, fermentation par trempage). Toutefois, la teneur en lipides (33,25 g / 100 g MS) de cette variété de soja (*glycine max*) mise au point par le CNRA est plus élevée que celle (19,4 ± 2,1 g / 100 g MS) rapportée par Solomon [22]. Cette variété de soja en plus d'être une source de protéines est une source importante d'énergie et de lipides.

Les résultats (Tableau 1) indiquent que toutes les farines produites ont des teneurs en humidité inférieures à 12 % ce qui permettrait une meilleure conservation.

L'augmentation de la teneur en polyphénols après 24 h de fermentation pourrait être due à la dégradation de complexes colorés (proanthocyanidiques) comme indiqué par Swain *et al.* [23]. Les teneurs en polyphénols des farines d'igname Kponan enrichies ou non au soja sont significativement supérieures ( $p < 0,05$ ) à celles des farines d'ignames Bètè Bètè enrichies ou non au soja mais restent inférieures à celle de la farine de soja. Les farines d'igname, d'igname / soja, de soja et les farines de commerce, de par leurs teneurs modérées en polyphénols pourraient avoir des propriétés antioxydantes [12].

#### ***Densité en énergie et en protéines des farines et bouillies d'igname / soja***

Les résultats des analyses chimiques montrent que les bouillies à base de farine d'igname, ont une teneur élevée en énergie (supérieure à 100 kcal / 100 g de bouillie). Mais cette teneur demeure inférieure à la valeur recommandée (110 kcal / 100 g de bouillie) [21]. La densité en énergie des bouillies étant supérieure à 100 kcal / 100g, elles peuvent être conseillée pour l'alimentation des enfants en trois repas par jour [24]. La teneur en protéines des farines d'igname non fermentées (6,56 g / 100 g FBbNF et 4,81 ± 0,01 g / 100 FKPNF), augmente significativement avec la fermentation (7,38 ± 0,27 g / 100 FBbF; et 5,25 ± 0,43 g / 100 FKpF) mais est significativement inférieure aux recommandations (15,35 à 36,46 g / 100 g MS) [21]. Par ailleurs, avec l'incorporation de la farine de soja aux taux massiques de 10 et 20%, les densités en énergie calorique et les teneurs en éléments nutritifs (protéines, lipides) restent inférieures aux valeurs recommandées. Cependant, lorsque les taux d'incorporation atteignent 30 et 40 % de soja, les valeurs de ces paramètres sont supérieures à celles des farines de commerce et des recommandations [21]. Un taux d'adjonction de 25% pourrait permettre d'obtenir des résultats proches des teneurs recommandées.

#### ***Densité en minéraux des farines infantiles à base d'igname et d'igname / soja***

Les faibles taux de cendres indiquent des faibles teneurs des farines d'igname et d'igname / soja en minéraux. Les résultats présentés dans le tableau 3, montrent qu'à

l'exception du cuivre, du magnésium et du potassium, les teneurs en minéraux des farines infantiles fabriquées à base d'igname sont inférieures aux recommandations. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la variété de soja utilisée pour l'enrichissement aurait de faibles teneurs en minéraux. Ces teneurs respectives en sodium, en calcium, en fer et en zinc (12,50 ; 40,10 ; 1,47 ; 0,58 mg / 100 kcal) sont inférieures aux recommandations respectives (74 ; 125 ; 4,0 ; 0,8 mg / 100 kcal). Aussi, cette faible teneurs en minéraux serait-elle expliquée par le procédé de traitement et la nature du matériel de base (*Dioscorea alata* et *Dioscorea cayenensis*). Ces résultats sont en accord avec ceux de Oboh et Akindahunsi [18] qui ont rapporté que les teneurs en minéraux des farines d'igname sont très faibles comparées à celles de certains produits comme les légumes et les champignons.

Les résultats indiquent donc que les farines infantiles produites à base d'igname enrichie au soja sont pauvres en minéraux. De ce fait, elles devraient être fortifiées en sources de minéraux en l'occurrence des légumes pour couvrir les besoins nutritionnels en minéraux des enfants de moins d'un an.

#### **Propriétés de gonflement et de solubilité des farines**

Le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité des farines d'ignames, variété Bète Bète diminuent respectivement de  $8 \pm 0,16$  ge / g MS et  $19,37 \pm 0,63$  % à respectivement  $7,21 \pm 0,25$  ge / g MS et  $14,67 \pm 0,43$  % après 24 h de fermentation. Avec l'incorporation du soja, les pouvoirs de gonflement et les indices de solubilité des farines d'ignames : soja diminuent proportionnellement aux taux de soja incorporés jusqu'à respectivement  $5,74 \pm 0,15$  ge / g MS et  $10,79 \pm 0,46$  % au taux de 40 % de soja incorporé. Pour les farines d'ignames, variété Kponan, le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité diminuent respectivement de  $9,64 \pm 0,13$  ge / g MS et  $16,26 \pm 0,7$  % à respectivement  $7,37 \pm 0,19$  ge / g MS et  $14,21 \pm 0,18$  % après 24 h de fermentation. Avec l'incorporation du soja, les pouvoirs de gonflement et les indices de solubilité des farines d'ignames / soja diminuent proportionnellement aux taux de soja incorporés jusqu'à respectivement  $6,14 \pm 0,17$  ge / g MS et  $10,62 \pm 0,62$  % au taux de 40 % de soja incorporé. Cela pourrait être attribué à la dégradation de l'amidon des ignames par les amylases en faveur de la fermentation qui entraîne l'abaissement du pH. Ce phénomène progressif, dépend de la durée du trempage dans l'eau, de la teneur en matière sèche et de la structure cellulaire des tubercules d'igname frais [9 ; 24]. Ces auteurs ont aussi établi une corrélation entre le pouvoir de gonflement des farines et la viscosité des bouillies ( $r^2=0,63$ ).

Les résultats (Tableau 2) indiquent que les farines à base de céréales (Farine de soja, FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>) gonflent moins que les farines à base d'igname.

La fortification augmente le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité des farines d'igname enrichies avec 10 % de farine de soja. A l'exception de l'enrichissement à 10%, le pouvoir de gonflement et l'indice de solubilité des farines d'igname diminuent proportionnellement au taux d'incorporation du soja. Par ailleurs, une forte corrélation ( $r^2= 0,82$ ) est observée entre les pouvoirs de gonflement et les indices de solubilité.

L'augmentation du pouvoir de gonflement et de l'indice de solubilité après l'incorporation de 10 % de soja à la farine d'igname pourrait s'expliquer par un effet de concentration. En effet, l'ajout du soja pourrait mettre les grains d'amidon d'igname dans une configuration optimum, augmentant la surface de contact et l'accessibilité à l'eau. Cela se traduirait par une grande absorption d'eau entraînant la rétrogradation de l'amidon et une libération d'une plus grande quantité de sucre dans le milieu. Les indices de solubilité élevés des farines commerciales (FARINOR<sup>®</sup> et SOJABEBE<sup>®</sup>) par rapport aux farines d'ignames enrichies ou non au soja, s'explique par la présence dans ces farines de saccharose, facilement hydrolysée dans l'eau.

La fermentation et l'incorporation de plus de 10 % de farine de soja permettraient donc d'obtenir des farines qui absorberaient moins d'eau et ainsi de préparer des bouillies plus concentrées en farines, plus riches en nutriments et de fluidité adaptée aux enfants [25]. L'obtention de bouillies semi solides avec des formulations de farine d'igname / soja, contenant 25 % de soja serait en accord avec les suggestions de Dewey *et al.* En effet à partir de six mois, les enfants doivent être alimentés avec des aliments de fluidité adéquate, ayant une haute densité en énergie et en nutriments [26].

#### **Sensibilité des farines à l'hydrolyse enzymatique**

Les farines à base d'igname Bètè Bètè sont plus sensibles à l'action de l'amylase que les farines à base d'igname Kponan. Nindjin *et al.* [27] ont également montré que les *foutous* d'ignames Bètè Bètè étaient également plus digestibles que le foutou à base d'igname Kponan.

La sensibilité à l'hydrolyse enzymatique pourrait s'expliquer par la cuisson, le trempage et la fermentation qui permettent d'augmenter l'accessibilité de l'amidon à l'attaque enzymatique. Selon Hounhouigan [28], la fermentation améliore donc la qualité nutritive et digestive des farines d'igname / soja. Quant aux farines de commerce, elles contiennent du saccharose plus sensible à l'hydrolyse enzymatique, ce qui favorise la libération d'importantes quantités de sucres simples. Notons que l'enrichissement des farines d'igname au soja pourrait optimiser l'activité enzymatique, ce qui expliquerait l'augmentation de la quantité de sucre libérée par hydrolyse jusqu'à 30 % d'incorporation de la farine de soja et particulièrement pour les farines FBb30S et FKp20S. La faible hydrolyse de la farine de soja serait attribuée d'une part au fait que le soja contient peu d'amidon et des sucres moins complexes comme le verbascose, le raffinose et d'autre part à la présence de sucres non hydrolysables ou résistants [29].

#### **Propriétés organoleptiques des bouillies**

Les bouillies de farine d'igname fermentées et/ou enrichies à 10 % de soja sont mieux acceptées que les bouillies de farines d'igname non fermentées. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Achi [8] qui présentent la fermentation et l'enrichissement comme des moyens traditionnels d'amélioration de la qualité nutritionnelle et organoleptique des aliments infantiles et ceux destinés aux adultes. A partir de 20 % d'incorporation

de soja, les bouillies ne sont que légèrement acceptées. Les critères sensoriels qui ont influencé l'acceptabilité des bouillies sont le goût, l'arôme et la couleur. Les descripteurs sensoriels qui permettent de distinguer les deux variétés d'igname sont la composante lisse de la texture et la fluidité des bouillies. Ces résultats montreraient que la texture est le facteur le plus déterminant dans l'acceptabilité des produits d'igname et elle est variable selon les espèces. En outre, l'acceptabilité des bouillies à base d'igname pourrait être influencée par la fluidité, inversement influencée par la teneur élevée en matière sèche et par l'aptitude des amidons à donner des gels modérément forts [30]. Les farines de commerce étant des produits finis, contiennent des additifs (du sucre, du lait) dans leurs formulations qui pourraient expliquer leur goût légèrement plus sucré.

Les bouillies à base de farines d'igname / soja sont jugées plaisantes par l'ensemble des consommateurs. Les résultats des tests descriptifs montrent que l'acceptabilité des bouillies varie proportionnellement à la quantité de farine de soja. En tenant compte des attributs sensoriels, le taux d'enrichissement au soja, des farines d'igname Bète Bète devrait être limité à 30 %. L'incorporation de 20 % de farine de soja pourrait enrichir les farines d'igname Kponan fermentées sans considérablement modifier les caractéristiques sensorielles.

Notons que dans l'ensemble l'appréciation des bouillies des farines d'igname serait significativement influencée par la variété voire même l'espèce, ainsi que le caractère nouveau des produits.

Les résultats de cette étude montrent que la fermentation des ignames, puis l'enrichissement des farines au soja augmentent la qualité nutritionnelle des farines mais les bouillies sont légèrement acceptées.

## CONCLUSION

La fermentation de 24 h des ignames et l'incorporation de plus de 10% de farine de soja dans ces farines d'igname fermentées permettront de diminuer l'absorbibilité des farines à l'eau. Cela permettrait de préparer des bouillies à base de farines d'igname/soja concentrée en farine et de fluidité adaptée aux enfants. Aussi, la fermentation de 24 h des ignames et l'incorporation de plus de 10% de farine de soja dans ces farines d'ignames fermentées permettront-elles d'améliorer la digestibilité des bouillies à base d'igname / soja.

Les farines d'igname fermentées et celles enrichies au soja sont nettement mieux acceptées que les farines d'igname non fermentées. Les caractéristiques organoleptiques des bouillies permettent de limiter le taux maximum d'incorporation du soja à 30 % pour la variété Bète Bète (*D. alata*) et à 20 % pour la variété d'igname Kponan (*D. cayenensis- rotundata*). Par ailleurs, l'étude de la valeur nutritive des farines d'igname / soja produites, a permis de conclure qu'un taux d'enrichissement de 25 % permettrait d'obtenir une densité énergétique et des taux de protéines et lipides adéquats pour couvrir les besoins des enfants de moins d'un an.

Des études devraient être effectuées afin de mieux apprécier l'aptitude des ignames de la variété Bètè Bètè à produire des farines infantiles (igname / soja) de meilleure qualité nutritionnelle et organoleptique comparées à celles produites à partir de la variété d'igname Kponan.

Toutefois, pour utiliser le soja et les farines d'igname comme des produits de lutte contre la malnutrition, il faudrait nécessairement les compléter avec des fruits et légumes locaux disponibles, riches en vitamines et minéraux. Ensuite, la valorisation des farines d'igname / soja dans l'alimentation infantile passera nécessairement par une bonne sensibilisation des populations.

**Tableau 1: Composition chimique des farines à base d'igname et d'igname / soja**

	Humidité g/100gMS	Protéines g/100gMS	Lipides g/100gMS	Glucides g/100gMS	Cendres g/100gMS	Polyphénols mgEAG/100gMS
<b>RDA*</b>	<b>&lt; 12</b>	<b>15,3-36,46</b>	<b>20-21,54</b>	-	-	-
FBbNF	4,67±0,13	6,56±0,01	0,87±0,13	86,76±1,35	1,67±0,13	58,5±0,08
FBbF	5,36±0,18	7,38±0,27	0,5±0,10	86,51±0,24	1,25±0,11	63±0,07
FBbF10S	5,22±0,68	10,39±0,54	3,9±0,3	80,14±0,34	1,29±0,07	71,6±0,06
FBbF20S	4,62±0,03	14±0,44	6,59±0,21	73,74±0,45	1,57±0,13	83±0,02
FBbF30S	4,37±0,15	<b>19,69±1,65</b>	9,58±0,4	67,55±1,49	1,69±0,12	105±0,02
FBbF40S	4,18±0,21	<b>21,88±1,09</b>	13,46±0,78	59,59±0,79	1,88±0,06	107,5±0,03
FARINOR	4,70±0,35	<b>15,31±0,31</b>	8,96±0,20	68,36±0,01	2,48±0,15	197±0,03
SOJABEBE	3,26±0,01	<b>15,97±0,21</b>	5,38±0,10	73,41±0,01	1,58±0,15	47,5±0,02
FKpNF	3,26±0,24	4,81±0,01	0,7±0,01	89,02±0,2	1,93±0,03	87,5±0,03
FKpF	6,01±0,16	5,25±0,43	0,19±0,01	87,95±0,11	0,93±0,12	96,5±0,02
FKpF10S	5,16±0,17	9,12±0,43	3,39±0,01	81,55±0,41	1,18±0,01	101,5±0,08
FKpF20S	4,47±0,01	13,08±0,45	6,67±0,1	74,78±0,55	1,27±0,13	106±0,06
FKpF30S	4,20±0,1	<b>16,99±0,41</b>	9,57±0,37	68,9±1,14	1,48±0,02	111,5±0,02
FKpF40S	4±0,09	<b>20,92±0,21</b>	12,76±0,51	61,67±1,06	1,1±0,07	125±0,03

Toutes ces valeurs sont les moyennes de deux déterminations et ont été évaluées par rapport à la matière sèche.

La teneur en glucides totaux est déterminée par la différence

RDA : Recommended daily allowance (enfant de moins de 1 an)

Les valeurs du tableau, marquées en gras, sont conformes aux recommandations [21]

**Tableau 2 : Propriétés fonctionnelles des farines et énergies des bouillies à base d'igname et d'igname / soja**

	Energie des farines kcal/100gMS	Energie des bouillies Kcal/100 g	Gonflement ge / g MS	Solubilité (%)	pH	Acidité titrable mécg/100gMS
FBbNF	385,1±3,5	103,4±0,1	8±0,16	19,37±0,63	6,66±0,04	2,5±0,1
FBbF	380,8±3,8	102,6±0,2	7,21±0,25	14,67±0,43	5,59±0,01	3,5±0,05
FBbF10S	397,24±1,2	105,4±0,1	7,3±0,39	16,46±0,21	5,60±0,06	3,5± 0,05
FBbF20S	413,8±1,8	108±0,14	6,17±0,18	13,79±0,14	5,57± 0,04	3,5± 0,50
FBbF30S	438,1±2,9	112,12±0,1	6,07±0,17	11,06±0,69	5,37± 0,35	3,5± 0,25
FBbF40S	447,42±2,1	113,63±0,1	5,74±0,15	10,79±0,46	5,07± 0,12	3,5± 0,38
FARINOR	415,72±0,36	108,45±0,03	5,05±0,15	33,66±0,33	5,91±0,61	3,12±0,13
SOJABEBE	405,95±0,01	106,85±0,06	5,94±0,22	20,62±0,62	6,23±0,15	3,00±0,01
FKpNF	381,6±1,1	102,8±0,3	9,64±0,13	16,26±0,7	6,30±0,40	2,75±0,25
FKpF	373,85±0,66	101,61±0,07	7,37±0,19	14,21±0,18	6,01±0,16	3,00±0,50
FKpF10S	397,24±1,3	104,6±0,05	7,43±0,11	16,21±0,46	5,29± 0,01	3,25± 0,25
FKpF20S	411,03±0,4	107,6±0,09	6,93±0,14	15,08±0,61	5,13± 0,03	3,25± 0,50
FKpF30S	428,09±2,9	110,47±0,1	6,5±0,28	11,75±0,75	5,12± 0,10	3,25± 0,10
FKpF40S	444,38±3,4	113,13±0,7	6,14±0,17	10,62±0,62	5,11± 0,35	3,25± 0,01

**Tableau 3: Teneurs en minéraux des farines (mg/100kcal)**

	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>
<b>RDA*</b>	<b>&gt; 74</b>	<b>&gt; 129</b>	<b>&gt; 125</b>	<b>&gt; 19</b>	<b>&gt; 4,0</b>	<b>&gt; 0,04</b>	<b>&gt; 0,8</b>
Farine de soja	12,50	<b>228,89</b>	40,10	<b>35,93</b>	1,47	<b>0,36</b>	0,58
FBbNF	21,24	<b>137,52</b>	51,49	6,37	2,63	<b>0,06</b>	0,39
FBbF	<b>86,96</b>	73,36	34,67	1,30	3,67	<b>0,61</b>	0,61
FKpNF	51,45	79,88	41,65	15,43	1,91	<b>0,47</b>	<b>1,25</b>
FKpF	60,11	<b>206,03</b>	62,02	18,03	0,80	<b>0,59</b>	<b>0,87</b>
FARINOR	47,47	<b>135,08</b>	<b>136,39</b>	18,26	<b>3,81</b>	<b>0,26</b>	<b>0,98</b>
SOJABEBE	16,55	63,65	66,88	8,35	0,18	<b>0,60</b>	<b>2,83,</b>
FBbF10S	<b>77,81</b>	95,48	34,11	6,13	3,28	<b>0,59</b>	0,57
FKpF10S	52,96	<b>209,73</b>	58,62	<b>21,63</b>	0,89	<b>0,55</b>	<b>0,82</b>
FBbF20S	67,22	112,77	50,21	10,62	3,08	<b>0,54</b>	0,56
FKpF20S	47,84	<b>212,45</b>	55,68	<b>22,61</b>	1,01	<b>0,52</b>	0,77
FBbF30S	57,35	<b>134,88</b>	36,26	14,25	2,65	<b>0,50</b>	0,59
FKpF30S	41,81	<b>213,35</b>	53,10	<b>24,71</b>	1,03	<b>0,48</b>	0,73
FBbF40 S	51,41	<b>150,67</b>	38,33	<b>18,41</b>	2,56	<b>0,48</b>	0,59
FKpF40S	41,95	<b>219,28</b>	50,55	<b>27,02</b>	1,12	<b>0,46</b>	0,70

Les valeurs du tableau, marquées en gras, sont conformes aux recommandations [21]

**Tableau 4 : Comparaison des notes d'acceptabilité globale des farines d'igname et d'igname / soja**

Farines	Bètè Bètè	Kponan
Non fermentée	6,33±1,595b	5,73±1,539 <sup>e</sup>
Fermentées		
+ 00 % soja	6,81±1,419a	6,04±1,361c
+ 10 % soja	6,85±1,289a	6,85±1,268a
+ 20 % soja	6,41±1,303b	6,35±1,554b
+30 % soja	6,38±1,435b	6,21±1,627d
+ 40 % soja	5,85±1,624e	5,85±1,657e
<b>Total</b>	<b>6,28±1,516</b>	<b>6,11±1,463</b>

Les valeurs suivies de lettres différentes dans une même colonne sont statistiquement différentes ( $\alpha = 0,05$ )

## REFERENCES

- 1 **FAO.** La situation mondiale de l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/datalog/Inter.htm>, Rome.2009 ; 202p.
- 2 **Enquête nationale à indicateurs multiples, rapport préliminaire (MICS),** INS / UNICEF  
[http://www.unicef.org/infobycountry/cotedivoire\\_statistics.html](http://www.unicef.org/infobycountry/cotedivoire_statistics.html), Décembre 2009. 2006.
- 3 **Camara F, Brou K, Assemamand EF, Tano K and G Dago** Quantification of the energy, Iron Intake and the Promoter and Inhibitors Absorption in Rural and Urban Côte d'Ivoire. *Eur. J. of Sci. Res.* 2009; **35 (1)**: 130-141.
- 4 **Hotz C and RS Gobson** Symposium: food based approaches to combating micronutrient deficiencies in children of developing countries. Traditional food processing and preparation practices to enhances the bioavailability of micronutrients in plant based diets. *J. of Nutr.* 2007; **137**: 1097-1100.
- 5 **Yewelsew A, Barbara JS, Margaret JH and EG Gail** Nutritive value and sensory acceptability of corn and Kocho-Based foods supplemented with legumes for infant feeding in southern Ethiopia. *Afr. J. of Food Agri. Nutr. and Dev.* 2006 ; **6 (1)**: 1684-5376.
- 6 **Dumont R and P Vernier** La production et l'utilisation de cossettes d'igname (*D. cayensis-rotundata*) au Bénin. Situation actuelle et perspectives. In: Actes du 7ème séminaire ISTRC-AB, Lilongwe, Malawi, octobre 1995, IITA (à paraître).
- 7 **Comoé KB** Evolution de la matière sèche chez deux cultivars améliorés d'igname (*Dioscorea* spp) dans deux zones agroécologiques sous l'effet de la fumure minérale. Mémoire DAA. Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA). 2002; 44 p.
- 8 **Achi O K** Quality attributes of fermented yam flour supplemented with processed soy flour. *Plant food for Human Nutrition*, 1999;**54**:151-158.
- 9 **Akissoe N, Hounhouigan J, Mestres C and M Nago** How blanching and drying affect the colour and functional characteristics of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) flours. *Foods chem.* 2003; **82** : 257-264.
- 10 **AOAC.** Official methods of analysis, 15th Edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.1990; 774p.
- 11 **Woot-tsuen L** Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome. 1970 ; p143.

- 12 **Koffi E, Robert P and L Wicker** Characterization of cloud components from selected tropical fruits. *J. of Food Qual.* 2007; **30**: 794-812.
- 13 **Corke H and J Li** Physicochemical properties of normal and low-amylose job's Tears (*Coix lachryma-job L.*). *Starch cereal chem.*, 1999; **76 (3)**: 413-416.
- 14 **Learch HW and IJ Schoch** Structure of the starch granule II of various amylase on granular starch. *Cereal Chem.* 1959; **38**: 34 -46.
- 15 **Yeboua A, Achy N and K Diopoh** Hydrolyse des substrats amylicés par les glycosidases du sucre digestif d'*Achatina balteata*. *An. de l'Univ. d'Abidj.* 1986; **22**: 306-307.
- 16 **Miller GL** Use of dinitrosalicylique acide reagent for determination of reducing sugar. *Ann. of Chem.* 1959; **21**: 426-428.
- 17 **Meilgaard, Civille GV and BT Carr** Sensory Evaluation Techniques. 3rd Edn., CRC Press, New York. 1999.
- 18 **Oboh G and AA Akindahunsi** Biochemical changes in cassava produits (flour and gari) Subjected to *saccharomyces cerevisea* solid media fermentation. *Food Chem.* 2003; **82**: 599-602.
- 19 **Sanni AL, Lonner C, Marklinder I, Johansson ML and G Molin** Starter culture for the production of ogi, a fermented infant food from maize and sorghum. *Chem. Microbiol., Technol. de Lebensm.* 1994; **16 (1/2)**: 29-33.
- 20 **Abiodun IS, Anthony AO and TI Omolona** Biochemical composition of infant weaning food fabricated for fermented blends of cereal and soybean. *Food Chem.* 1999; **65**: 35-39.
- 21 **RDA** Recommended dietary allowance of vitamines and other nutrients. <http://www.anyvitamins.com/rda.htm>. (accessed 17<sup>th</sup>, January) 2008.
- 22 **Solomon M** Nutritive value of three potential complementary foods based on cereals and legumes. *Afr. J. of food Agri. Nutr. and Dev.* 2005; **5 (2)**: 1654-5378.
- 23 **Swain T and WE Hillis** The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Fd. Agric.* 1959; **10**: 63 – 68.
- 24 **Akissoe N, Hounhouigan J, Mestres C and M Nago** Effect of tuber storage and pre- and post-blanching treatments on the physicochemical and pasting properties of dry yam flour. *Food Chem.* 2004; **85**: 145-149.

- 25 **Lorri W and V Svanberg** An overview of the use of fermented foods for child feeding in Tanzania. *Ecol. of food and Nutr.* 1993; **34**: 65-81.
- 26 **Dewey KG, Cohen RJ and NC Rollins** Feeding of non-breastfed children 6-24 months of age in developing countries. *Food Nutr Bull.* 2004; **25**:377-402.
- 27 **Nindjin C, Konan AG, Kouadio AO, Agbo NG and DA Otokoré** Post-récolte et consommation des ignames. Africains.International Cooperation with developing countries. INCO-DC (1994-1998). 1999.
- 28 **Hounhougan DJ** Fermentation of maize ( *Zea mays L.* ) meal for mawe production in Benin. Physical, chemical and microbiological aspect. *Thèse Agriculture University Wageningen.* 1999; 1-99.
- 29 **Haralampu SG** Resistant starch. A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate polymers.* 2000; **41**: 285-292.
- 30 **Mestres C, Dorthé S, Akissoé N and J Houhouingan** Prediction of sensorial properties (colour and taste) of amala,a paste from yam chip flour of west Africa, through flour biochemical properties. *Submitted to Plant Food for Hum. Nutr. ( in Press).* 2003; **132**: 298-30.