

## Profil glucidique et index glycémique du Dockounou : Un gâteau traditionnel à base de banane plantain sénescente

### [ Carbohydrate profile and glycemic index of Dockounou : A traditional cake made from overripe plantain ]

*Kouamé Adam Camille<sup>1</sup>, Aissatou Coulibaly<sup>2</sup>, Abodo Rhedoor Jacko<sup>3</sup>, N'Dri Yao Denis<sup>2</sup>, and Amani N'guessan Georges<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Programme de Recherche sur les Productions animales, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Direction Régionale de Bouaké, 01 BP 633, Bouaké, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratoire de Biochimie Alimentaire et de Technologies des Produits Tropicaux (LBATPT), Université Nangui Abrogoua, UFR des Sciences et Technologies des Aliments, 02 BP 801, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Service d'Endocrinologie diabétologie, Centre Hospitalier et Universitaire de Yopougon, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, UFR Sciences Médicales, 23 BP 632 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Recent data gathered from optimization of dockounou-cake manufacturing process parameters showed that an optimized dockounou could be a better way to add value to overripe plantain. But, to date, there is no scientific data about glycemic properties on this food, which is integrated into urban food habits. We performed a nutritional characterization and glycemic index/load (GI/GL) of these plantain-based dishes. In addition, we investigated a glucidic profiling, whose presence in dishes has been scarcely investigated so far. Overall, there were no considerable variations in the nutritional composition, except for the ash and carbohydrate components. The following values were obtained for the carbohydrate component (g/100g): starch (32.4-33.7); sucrose (4.1-8.8); glucose (20.1-20.7); fructose (21.1-22.6); soluble fibre (2.5-2.5) and insoluble fibre (6.9-6.9). GI/GL values were 79/20.4 for optimized dockounou and 81/21.3 for traditional dockounou. The results confirmed that these foods are a good source of carbohydrate, especially in the glucose fraction and energy. However, the high levels of GI and GL implies consumption in moderation.

**KEYWORDS:** Banana, blood sugar, glucose, eating habits, optimization.

**RESUME:** Des données récentes recueillies à partir de l'optimisation de la fabrication du gâteau *dockounou* ont montré qu'un *dockounou* optimisé pourrait être un excellent moyen de valorisation de la banane plantain trop mûre. Mais, à ce jour, il existe peu de données scientifiques sur les propriétés glycémiques de cet aliment, qui est intégré dans les habitudes alimentaires urbaines. Nous avons donc déterminé l'index glycémique et la charge glycémique d'un *dockounou* traditionnel et le *dockounou* optimisé. En outre, nous avons réalisé leur profilage glucidique, dont la présence dans ces mets n'a été que peu étudiée. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu de variations considérables dans leur composition nutritionnelle, à l'exception des cendres et des glucides. Les valeurs suivantes ont été obtenues pour les composantes glucidiques (g/100 g): amidon (32,4-33,7); saccharose (4,1-8,8); glucose (20,1-20,7); fructose (21,1-22,6); fibres solubles (2,5-2,5) et fibres insolubles (6,9-6,9). L'index glycémique et la charge glycémique étaient respectivement de 79 et 20,4 pour le *dockounou* optimisé et respectivement de 81 et 21,3 pour le *dockounou* traditionnel. Ces résultats confirment bien que ces aliments sont une bonne source de glucides, notamment de la fraction glucose. Cependant, les niveaux élevés d'index glycémique et de charge glycémique impliquent une consommation avec modération.

**MOTS-CLEFS:** Banane, glycémie, glucose, habitudes alimentaires, optimisation.

## 1 INTRODUCTION

Les concepts d'index glycémique (IG) et de la charge glycémique (CG) sont utilisés dans le monde dans la gestion de la glycémie chez les patients diabétiques et autres troubles associés. Ce sont des indicateurs physiologiques différenciant les produits alimentaires contenant des glucides, en fonction du degré d'augmentation de la glycémie postprandiale [1]. Sur la base d'une méta-analyse des essais d'intervention menés au cours de la dernière décennie, on estime que les aliments à faibles IG et CG ont un profil de santé plus favorable que ceux à IG et CG élevés [2]. En effet, la consommation d'aliments à faible IG et CG est associée à une meilleure prévention et un meilleur contrôle des maladies métaboliques et cardiovasculaires (ex: diabète et infarctus du myocarde) [1]. Cependant, en Côte d'Ivoire, peu d'informations concernant l'IG et la CG des repas locaux sont disponibles alors que le régime alimentaire des populations vivant en Côte d'Ivoire est caractérisé par sa forte teneur en glucides [3]. Dans leurs habitudes alimentaires, la banane plantain reste un aliment traditionnel de base important pour les populations rurales et urbaines. Elle est la troisième culture vivrière (1,5 MT/an) parmi les aliments les plus consommés après l'igname et le manioc pour une consommation estimée à 120 kg/habitant/an [4]. Ce fruit, désigné comme une banane à cuire (*Musa acuminata*) est consommé après cuisson aux stades de maturation ou de maturité souhaités. C'est un produit alimentaire de bonne qualité nutritionnelle qui sert de revenus aux populations tant urbaines que rurales en Afrique de l'Ouest [5]. Les fruits du plantain sont généralement soumis à des procédés culinaires post-récolte qui tiennent compte de la variété, du stade de maturité et de d'autres ingrédients [5], [6]. Malheureusement, la banane plantain représente 35 à 100 % des pertes post-récolte [7]. Le " dockounou " (Figure 1), un gâteau dérivé de la banane plantain très mûre, constitue une solution originale face aux pertes post-récolte. En effet et il y a bien longtemps de cela, pour résoudre les problèmes de pertes post-récoltes, les femmes paysannes transformaient les fruits trop mûrs du plantain en un met appelé « Dockounou » ou « Doclou » ou encore « apiti » par un procédé traditionnel empirique. Ce procédé comporte sept étapes qui sont le lavage des fruits, l'épluchage, le broyage, le mélange avec de la farine de maïs ou du riz, la fermentation (une opération facultative), l'emballage et la cuisson par ébullition ou à la vapeur [8]. Le gâteau obtenu, enveloppé dans des feuilles de *Thaumatococcus daniellii* (feuille d'*attiéké*) avant sa cuisson, constitue une aide alimentaire inestimable pour les agriculteurs lors des travaux champêtres [9]. Aujourd'hui, cette préparation est très vulgarisée et ces produits sont vendus dans presque tous les marchés des grandes villes. Ils sont consommés par toutes les couches sociales ivoiriennes [10]. Des données récentes recueillies à partir de l'optimisation des paramètres du procédé de fabrication du " Dockounou " ont montré qu'un *Dockounou* optimisé c'est-à-dire mieux apprécié pouvait être obtenu en suivant la méthode empirique avec l'application spécifique de valeurs optimales, à chaque niveau concerné de sa fabrication, tels que le ratio pâte de plantain/farine de céréales, le temps de fermentation, le temps de cuisson, la température de chauffage du four, du procédé de fabrication [8]. Bien qu'il y ait eu plusieurs rapports sur les propriétés nutritionnelles du " Dockounou " [6], [11], [12], [13], aucune donnée n'est disponible sur leur profilage glucidique, leur indice glycémique (IG) ou leur charge glycémique (CG). Cette étude a été entreprise pour évaluer la composition nutritionnelle, l'IG et la CG de ces plats à base de plantain.



Fig. 1. *Dockounou* emballé dans des feuilles de *Thaumatococcus daniellii*

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 CADRE DE L'ÉTUDE**

L'étude a été réalisée à l'Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologies des Aliments (UFR STA) de l'Université NANGUI ABROGOUA en utilisant la méthodologie de détermination de l'IG reconnue internationalement [14], [15]. Toutes les procédures cliniques ont été réalisées au Centre d'Endocrinologie et de Diabétologie, du Centre Hospitalier et Universitaire (CHU) de Yopougon (Université Félix Houphouët Boigny), Abidjan, Côte d'Ivoire. La composition chimique des repas de l'étude a été réalisée dans le Département des Sciences Alimentaires, Environnementales et Nutritionnelles de l'Université de Milan (DeFENS) en Italie.

### **2.2 REPAS ÉTUDIÉS**

Deux mets locaux à base de plantain sénescents ont été préparés au Laboratoire de Biochimie Alimentaire et de Technologie des Produits Tropicaux de l'Université Nanguï Abrogoua. Il s'agit du Dockounou au maïs optimisé (DlouOp) et du Dockounou au maïs préparé traditionnellement (DlouTra). Le *Dockounou* optimisé a été obtenu selon la méthode empirique en appliquant spécifiquement des valeurs optimales, à chaque niveau concerné de son processus de fabrication [16]. Celui fait traditionnellement (DlouTra) l'a été selon la même méthode traditionnelle décrite par Akoa *et al.* [16]. Tous ces aliments ont été testés immédiatement après la cuisson sur des sujets en bonne santé.

### **2.3 ANALYSE CHIMIQUE DES REPAS À BASE DE PLANTAIN**

L'humidité, les cendres, les lipides et les protéines ont été évalués en suivant les méthodes approuvées par l'AACC International n. 44-15.02, 08-01.01, 30-10.01 et 46-12.01, respectivement. Les glucides disponibles (AvCHO) et totaux (TCHO) ont été calculés par différence comme suggéré par la procédure FAO/WHO [15]. Le contenu minéral a été déterminé par spectrophotométrie d'absorption atomique (Perkins- Elmer analyte 800, Waltham MA, USA). La méthode de Prosky a été utilisée pour déterminer la teneur en fibres solubles et insolubles [17]. Les teneurs en glucose, fructose et saccharose ont été déterminées au moyen d'une HPLC à échange d'anions avec détection ampérométrique pulsée [18]. Un gramme (g) d'échantillon a été extrait avec 200 ml d'eau distillée et, après 1 h à 60 °C, la solution a été filtrée sur un filtre Whatman 0,45 µm. Le filtrat a été dilué de manière appropriée afin de réduire la concentration en sucre dans une fourchette de 0,5 à 5 ppm. 20 µL de solution d'extrait ont été injectés dans la colonne HPLC. Le système HPLC était équipé d'un autoinjecteur LC 717 Plus (Waters, Milford, MA, USA), d'une colonne CarboPac PA1 (4 × 250 mm) plus une colonne de garde CarboPac PA1 Guard (4 × 50 mm) (Dionex, Sunnyvale, CA, USA), d'une pompe isocratique Spectra System LC P 1000 (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) et d'un détecteur ampérométrique pulsé ED50 (Dionex, Sunnyvale, CA, USA). Du NaOH 160 mM avec un débit de 1 ml/min, a été utilisé comme phase mobile. La détection ampérométrique pulsée a été réalisée avec les potentiels et les durées d'impulsion suivants: EOX = +0,6 V (tOX = 430 ms), EDET = +0,1 V (tDET = 400 ms), et ERED = -2,0 V (tRED = 420 ms). Des solutions standard de chaque sucre ont été préparées dans la plage de concentration de 0,5 à 5 ppm. 20 µL de chaque solution de sucre ont été injectés dans le système HPLC afin de tracer les valeurs de la courbe d'étalonnage. Les sucres totaux (TS) ont été déterminés par la méthode de l'acide 3,5-dinitrosalicylique [19]. Le contenu total en amidon (SC) a été estimé à partir des valeurs de TS,  $SC = (TCHO - TS) \times 0,9$  [20]. La teneur énergétique de l'échantillon a été calculée à partir des données proximales en utilisant la formule d'Atwater [21]. Le contenu énergétique de l'échantillon alimentaire a été estimé en multipliant chaque gramme de glucides, de protéines et de lipides par 4 kcal, 4 kcal et 9 kcal respectivement. Toutes les déterminations rapportées ont été effectuées en triple.

### **2.4 DÉTERMINATION DE L'INDICE ET DE LA CHARGE GLYCÉMIQUES**

Trente sujets sains (23 Hommes, 7 Femmes; âge:  $30 \pm 0,5$  ans; indice de masse corporelle  $21,2 \pm 0,3$  kg/m<sup>2</sup>) ont participé à l'étude. Les volontaires ont été recrutés sur la base des critères d'exclusion suivants: diabète, troubles gastro-intestinaux, médicaments connus pour affecter la tolérance au glucose, grossesse, allaitement, intolérance ou allergie à tout aliment. Ils ont été recrutés à l'Université NANGUI ABROGOUA parmi le personnel et les étudiants par le biais d'annonces. Tous les sujets impliqués dans cette étude ont été préalablement informés sur les détails du protocole et sur les risques de la participation. Ils ont donné leur consentement éclairé et signé pour participer à l'étude, conformément à la Déclaration d'Helsinki sur les droits de l'homme. Le Comité d'éthique du Centre Hospitalier Universitaire et de Recherche Félix Houphouët Boigny (CHU-Yopougon) a approuvé l'étude. Les caractéristiques des sujets sont résumées dans le tableau 1. La méthode utilisée pour mesurer et calculer l'index glycémique (IG) des aliments était conforme aux lignes directrices fixées par le document ISO [14] et précédemment décrites par Kouamé *et al.* [22]. Brièvement, le jour du test, les sujets ont consommé soit le repas test (DlouOp ou DlouTra), soit le repas de référence (glucose anhydre) dissout dans 500 ml d'eau. La taille des portions des repas a été calculée pour fournir 50

g de glucides disponibles. Au cours de chaque journée de test, le sang total capillaire a été prélevé par une piqûre au doigt (autopiqueur Accu-Chek® Fastclix -Castle Hill, NSW, Australie) à l'état de jeûne (0 min) et après 15, 30, 45, 60, 90 et 120 min de la consommation du repas. Les concentrations de glucose dans le sang ont été mesurées immédiatement à l'aide de glucomètres (Accu-Chek Performa, Roche Diagnostic, Castle Hill, NSW, Australie). La CG a été calculée à partir de l'IG de l'aliment testé, en considérant la quantité de glucides disponibles dans la taille de la portion consommé par les sujets [1].

**Tableau 1. Caractéristiques cliniques et anthropométriques de base (moyenne  $\pm$  écart type) des sujets (n = 30)**

Paramètres	Moyennes	s.em.	Etendu
Age (années)	30	0,5	25 - 35
Genre (Homme/femme)	23/7	-	-
Poids (kg)	63,3	1,3	47 - 74
Taille (m)	1,7	0,0	1,6 - 1,9
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,2	0,3	18,1 - 24,6
Glycémie à jeun (mmol/L)	4,6	0,1	4,1 - 5
HbA1c (%)	3,0	0,1	2,1 - 4,0
Pression systolique (mmHg)	107,7	1,7	90 - 120
Pression diastolique (mmHg)	73,0	1,3	60 - 90

Notes: IMC = Indice de masse corporel, HbA1c = hémoglobine glycosylée

## 2.5 ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été analysées selon la méthode recommandée par la norme ISO/FDIS 26642: 2010 [14] pour le produit alimentaire en ce qui concerne l'IG. L'aire sous la courbe (iAUC), l'IG et la CG ont été calculés à l'aide du logiciel Microsoft Excel® 2013. Les données ont été présentées sous forme de moyennes, d'erreur standard de la moyenne (sem) et d'étendu. La signification statistique des différences entre les concentrations de glucose dans le sang à différents points temporels, les pics incrémentaux, les iAUC et les valeurs IG ont été évaluées en utilisant l'analyse de variance ANOVA. Si l'analyse de la variance était significative, un test t apparié a été utilisé pour tester les différences entre les aliments testés, la solution de glucose de référence et les aliments testés. La signification statistique a été fixée à  $p < 0,05$ . Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du programme statistique SPSS® 17.0 (Statistical Package for Social Sciences, Inc., Chicago, IL, USA).

## 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans un premier temps, une caractérisation biochimique des gâteaux (DlouOp, DlouTra) a été réalisée. C'est également la première étape impliquée dans le calcul des valeurs d'IG. Les résultats sont présentés dans le tableau 2. Ces informations étaient primordiales pour calculer la quantité de glucides disponibles (g/100 g) dans chaque aliment testé. Dans l'ensemble, il n'y a pas eu de variations considérables dans la composition nutritionnelle, à l'exception des composants cendres et glucides. La teneur en eau des échantillons (68,1 - 68,2 g/100 g de poids frais) était élevée, mais légèrement inférieure à celle du foutou d'igname, du foutou de manioc, du *placali* ou du *toh* de maïs [6], [11], des plats culinaires traditionnels à base d'igname, de manioc et de maïs respectivement. La forte teneur en eau constatée peut s'expliquer en partie par le fait que, les gâteaux sont le plus souvent cuits avec beaucoup d'eau [8] [16]. Cela pourrait être un inconvénient car cela peut affecter la stabilité et la durée de conservation du produit comme mentionné par Egbebi et Bademosi [23]. Les produits *Dockounou* ont aussi présenté une faible teneur en protéines brutes (4,1 g/100 g MS). Ces quantités sont similaires à celles déterminées dans le *Dodo ikire*, un plat culinaire à base de plantain frit très mûr [24], mais inférieures aux quantités trouvées dans le *foutou* d'igname, le *foutou* de banane ou le *toh* de maïs, des aliments de base de la Côte d'Ivoire [6], [11]. Le *Dockounou* est également caractérisé par de faibles quantités de lipides (0,9-1,3 g/100 g MS). Ce résultat n'est pas surprenant, puisque plusieurs études antérieures ont montré que le plantain est connu pour être très pauvre en lipides [22], [25], [26]. La teneur en fibres alimentaires totales était considérable (9,4 g/100 g MS), notamment dans sa fraction insoluble. Ces quantités sont plus élevées que celles déterminées chez le *Dodo ikire* rapportées par Kayode *et al.* [24]. La teneur en cendres est un indicateur des éléments minéraux [27]. Les teneurs en cendres (3,1 - 4,1 g/100 g MS;  $p < 0,05$ ) sont supérieures à la valeur de 1,3 g/100 g dans le pain produit à partir de farine de blé/plantain/arachide bambara avec 25 % de farine de plantain, plantain non mûr cv " Agbagba " [28]. Les glucides totaux étaient le principal composant des repas étudiés, allant de 90,6 (DlouOp) à 91,8 g/100 g MS (DlouTra), avec une grande partie d'amidon. Les valeurs d'amidon les plus élevées (33,7 g/100 g MS) et les plus basses (32,4 g/100 g) ont été observées dans les échantillons DlouTra et DlouOp respectivement. Les teneurs en sucre étaient aussi différentes dans les échantillons. La figure 2 montre le chromatogramme HPLC-LC du sucre extrait

du Dockounou optimisé et du Dockounou traditionnel. La teneur en saccharose était élevée dans le Dockounou traditionnel (8,8 g/100 g MS), tandis que le Dockounou optimisé était le plus riche en glucose (20,7 g/100 g MS) et en fructose (22,6 g/100 g MS). Le maltose n'était pas détectable dans tous les échantillons. Ces observations pourraient être justifiées par le fait que ces différents aliments traditionnels ont été préparés avec du plantain sénescent, où l'amidon est progressivement converti en sucre libre au fur et à mesure de la maturation [26], [29]. La présence d'amidon comme composante principale de ces produits alimentaires est cohérente avec des études précédentes sur des repas à base de plantain [10], [22], [24], [28] et justifie aisément une teneur énergétique élevée des aliments testés, (apports caloriques allant de 389,9 (DlouOp) à 392,2 kcal/100g (DlouTra)). Ils pourraient largement répondre aux besoins énergétiques quotidiens des populations. La variabilité de la composition en cendres et en glucides de ces produits alimentaires a également contribué aux différences de leurs contenus énergétiques. Au regard des quantités importantes en amidon, en sucres totaux et en énergie dans ces aliments, ils pourraient induire des désordres métaboliques en cas de trop grande consommation d'où l'intérêt de la détermination de leur IG et GL.

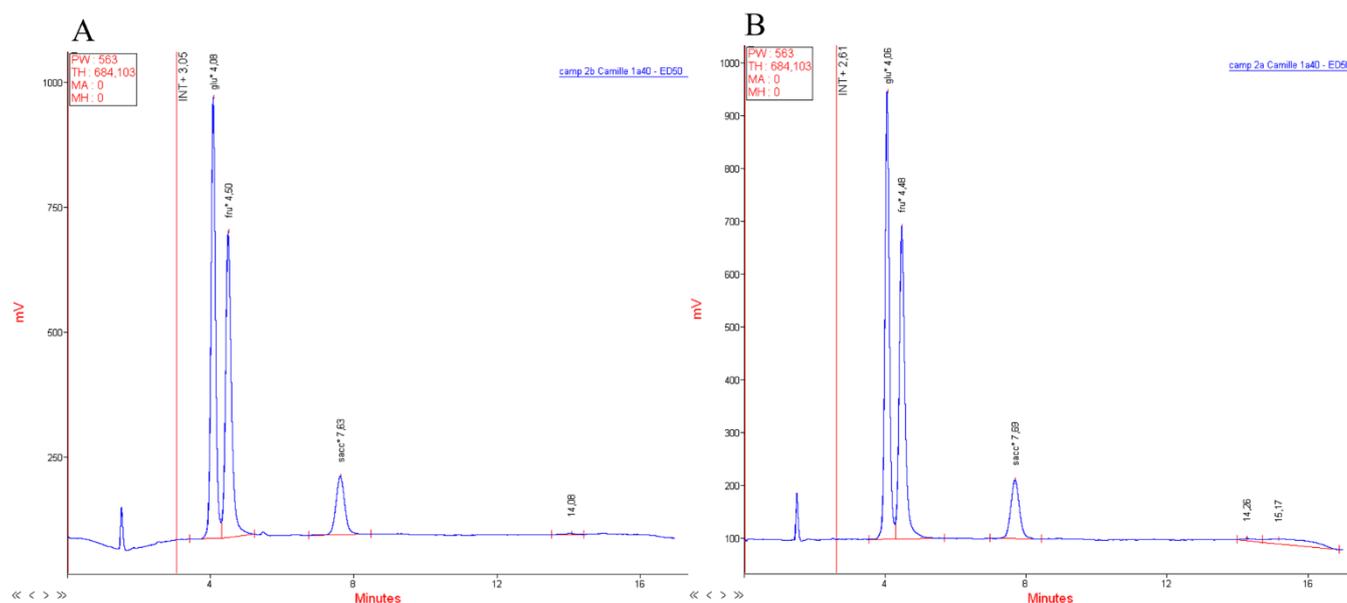


Fig. 2. Chromatogrammes HPLC des sucres extraits du Dockounou optimisé (A) et du Dockounou traditionnel (B)

Ensuite, certains minéraux ont été évalués pour les deux produits (Tableau 2) et ce, afin d'évaluer la qualité minérale de la fraction de cendre. Dans l'ensemble, les teneurs en minéraux et oligo-éléments différaient significativement. Les analyses minérales ont montré que le sodium (Na) était le minéral le plus abondant dans les deux échantillons avec une valeur estimée de 614,8 mg/100 g MS dans le produit optimisé et de 285,3 mg/100 g MS dans le produit traditionnel, suivi par le magnésium (Mg) et le calcium (Ca). Les teneurs en Mg et en Ca pour le Dockounou optimisé et traditionnel varient respectivement, de 54,9 à 57,4 mg/100 g MS et de 4,4 à 6,4 mg /100 g MS. Leurs niveaux sont généralement similaires à ceux de Kra *et al.* [10]. Les valeurs de zinc qui varient respectivement de 0,5 à 0,6 mg/100 g MS pour les produits optimisés et traditionnels, étaient la teneur en valeur minérale la plus faible.

Enfin, l'IG des deux produits a été déterminé (Tableau 3) en utilisant un protocole standardisé (ISO/FDIS 26642: 2010). Le pic de glycémie postprandiale a été atteint à 45 minutes pour tous les mets. Le DlouTra a entraîné une augmentation plus importante de la glycémie postprandiale par rapport à DlouOp (8,1 et 6,7 mmol/L respectivement). Le Dockounou optimisé (IG=79) et le Dockounou traditionnel (IG=81) ont montré des valeurs IG presque similaires et l'analyse statistique n'a pas révélé de différences entre les valeurs d'IG. Les valeurs d'IG des aliments testés ont été identifiées comme étant des IG élevés [30], [31]. Ces gâteaux sont donc considérés comme des aliments hyperglycémisants. Ces valeurs d'IG se justifient en raison de leur teneur élevée en glucides (80 % du poids sec), notamment dans la fraction glucose et de la présence d'amidon gélatinisé, ces aliments ont été susceptibles d'induire une glycémie importante [6], [11]. La présence de fibres alimentaires présentes dans les produits de Dockounou n'a pas permis de réduire l'IG des produits. Les aliments à IG élevés sont connus pour produire une réponse glycémique élevée en raison de la vitesse rapide de digestion des glucides dans la lumière intestinale, d'où la présence élevée de glucose dans la circulation sanguine [1]. Ces aliments ne sont pas des repas adaptés ou adéquats pour les diabétiques de type 2 compte tenu de leurs indices de réponse glycémique élevés. Ils le sont d'autant plus pour chez les individus insulino-résistants qui doivent augmenter la sécrétion d'insuline afin de rétablir l'homéostasie du glucose, augmentant la charge sur la cellule  $\beta$  et donc le risque

de diabète de type 2 [32]. Ces données sont d'une grande pertinence dans le contexte de la Côte d'Ivoire, où ce plat traditionnel est introduit dans les habitudes urbaines et est largement proposé sur les marchés [16]. D'après l'enquête bibliographique, plusieurs études similaires ont montré des valeurs d'IG élevées des produits amyliacés traditionnels à base de plantain [6], [3], [22], [33]. Par ailleurs, bien que le meilleur rapport entre la pâte de plantain et la farine de céréales ait été de 90/10 % à l'optimisation des paramètres du procédé de fabrication du Dockounou [16], l'IG du Dockounou (optimisé ou non) n'a pas affecté dans la présente étude.

En ce qui concerne la charge glycémique, aucune différence significative n'a été observée entre les échantillons. Les GL calculées pour les aliments testés sont élevées ( $GL \geq 20$ ) [31], ce qui était attendu car la plupart des aliments testés avaient un IG élevé. Toutefois, la valeur de la CG dépend de la taille des portions d'aliments qui ont tendance à varier fortement entre les pays et même au sein d'un même pays. Les résultats présentés ici doivent donc être utilisés et interprétés avec prudence. Il est donc recommandé aux professionnels de la santé de calculer leurs propres valeurs de CG à l'aide des données d'IG fournies dans la présente étude.

**Tableau 2.** Caractérisation nutritionnelle des repas de Dockounou exprimée sur la base de la matière sèche

Nutriments		DklouOp		DklouTra	
		Moyenne $\pm$ Ecart type		Moyenne $\pm$ Ecart type	
Eau	g/100 g	68,2 $\pm$ 0,1a		68,1 $\pm$ 0,1a	
Protéines	g/100 g	4,1 $\pm$ 0,0a		4,1 $\pm$ 0,0a	
Lipides	g/100 g	1,3 $\pm$ 0,0a		0,9 $\pm$ 0,0a	
Glucides					
disponibles *	g/100 g	81,1 $\pm$ 0,1b		82,4 $\pm$ 0,1a	
total *	g/100 g	90,6 $\pm$ 0,1b		91,8 $\pm$ 0,1a	
Amidon	g/100 g	33,7 $\pm$ 0,1a		32,4 $\pm$ 0,1a	
Sucre totaux	g/100 g	47,4 $\pm$ 0,0b		50,0 $\pm$ 0,0a	
Sucrose	g/100 g	4,1 $\pm$ 0,0b		8,8 $\pm$ 0,0a	
Glucose	g/100 g	20,7 $\pm$ 0,0a		20,1 $\pm$ 0,0b	
Maltose	g/100 g	00		00	
Fructose	g/100 g	22,6 $\pm$ 0,0a		21,1 $\pm$ 0,0b	
Fibre					
Fibres totaux	g/100 g	9,4 $\pm$ 0,0a		9,4 $\pm$ 0,0a	
Fibres solubles	g/100 g	2,5 $\pm$ 0,0a		2,5 $\pm$ 0,0a	
Fibres insolubles	g/100 g	6,9 $\pm$ 0,0a		6,9 $\pm$ 0,0a	
Energie	kcal/100 g	389,9 $\pm$ 0,4a		392,2 $\pm$ 0,4a	
Cendres	g/100 g	4,1 $\pm$ 0,0a		3,1 $\pm$ 0,1b	
Sodium	mg/100 g	614,8 $\pm$ 15,3a		285,3 $\pm$ 0,1b	
Calcium	mg/100 g	4,4 $\pm$ 0,1b		6,4 $\pm$ 0,2a	
Fer	mg/100 g	trace		trace	
Zinc	mg/100 g	0.5 $\pm$ 0.0b		0.6 $\pm$ 0.0a	
Magnésium	mg/100 g	54.9 $\pm$ 0.3b		57.4 $\pm$ 0.4a	

Notes: Les données sont exprimées sur la base de la matière sèche. Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  l'écart-type de trois déterminations. <sup>a, b, c, d</sup> Les données sur la même ligne avec des lettres différentes en exposant sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ). \*Calculé par différence. DklouOp: Dockounou optimisé; DklouTra: Dockounou traditionnel

**Tableau 3.** Valeurs de l'indice glycémique et de la charge glycémique des produits testés

Aliments tests	Glucides disponibles (g/100 g MS)	Portion expérimentale (g)	n	IG	Classification IG <sup>1</sup>	Portion servie	CG	Classification CG <sup>2</sup>
DklouOp	25,8	193,6	30	79 <sup>a</sup>	élevé	200	20,4	élevée
DklouTra	26,3	190,0	30	81 <sup>a</sup>	élevé	200	21,3	élevée

Notes: <sup>a, b, c, d</sup> Les données d'une même colonne dont l'exposant est différent sont significativement différentes ( $P < 0,05$ ); n = nombre de valeurs incluses après analyse des valeurs aberrantes. IG = Indice glycémique; CG = Charge glycémique; CHO = Glucides. <sup>1</sup>Les indices glycémiques ont été classés comme élevés ( $\geq 70$ ), moyens (56-69) et faibles ( $\leq 55$ ); <sup>2</sup>Les charges glycémiques ont été classées comme élevées ( $\geq 20$ ), moyennes (11-19) et faibles ( $\leq 10$ ). DklouOp: Dockounou optimisé; DklouTra: Dockounou traditionnel

#### **4 CONCLUSION**

Cette étude confirme que le Dockounou optimisé ainsi que le Dockounou traditionnel sont une bonne source de glucides, notamment dans la fraction glucose et d'énergie. Il existe peu de variabilité dans la composition chimique proximale (excepté les cendres et les glucides) et l'index glycémique de ces produits. L'IG et la CG du Dockounou optimisé et du Dockounou traditionnel sont élevés. Ils ne sont pas de meilleurs choix pour les diabétiques. Ces résultats sont utiles aux professionnels de la santé qui ils pourront développer des stratégies de gestion diététique appropriées, par exemple dans la planification des repas en utilisant le concept de l'IG et la CG des aliments. Les auteurs de cette étude recommandent donc la consommation de ces gâteaux chez les sportifs (CG < 20), en petites portions chez les personnes en bonne santé (CG < 10) et d'éviter leur consommation chez les personnes souffrantes de maladies métaboliques.

#### **CONFLIT D'INTÉRÊT**

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

#### **REMERCIEMENTS**

Les auteurs tiennent à remercier les volontaires pour leur coopération sincère qui a permis de mener à bien cette étude. Les auteurs remercient les autorités du Département des Sciences Alimentaires, Environnementales et Nutritionnelles de l'Université de Milan (DeFENS), en Italie, pour avoir mis à disposition les installations de laboratoire. L'assistance du Département des Sciences de l'Alimentation, de l'Environnement et de la Nutrition (DeFENS) pour les collaborateurs internationaux (Professeur associé Daniela ERBA, Assistant technique de laboratoire: Franca CRISCUOLI, Giovanni FIORILLO et Stefano RAVASENGHI) de l'Université de Milan, Italie, a été grandement appréciée.

#### **REFERENCES**

- [1] L. S. A. Augustin,, W. C. C., Kendall,, D. J. A. Jenkins,, C. W., Willett, A., Astrup, A., Barclay, I., Björck, C. J. Brand-Miller,, F. Brighenti, E. A. Buyken, A. Ceriello,, C. La Vecchia,, G. Livesey, S. Liu, G. Riccardi,, W. S. Rizkalla,, L. J. Sievenpiper A. Trichopoulou,, M. T. Wolever, Baer-Sinnott, S & Poli, A. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC). *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* 25, 795-815. 2015.
- [2] N. S. Bhupathiraju,, K. D. Tobias,, V. S. Malik,, A. Pan,, A. Hruby,, J. E. Manson,, C. W. Willett, B. F. Hu,. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* 100, 218–32. 2014. DOI: 10.3945/ajcn.113.079533.
- [3] A.C. Kouamé,, K.N. Kouassi,, A. Coulibaly,, Y. D. N'dri,, G. G. Tiahou,, A. Lokrou,, N. G. Amani. Glycemic index and glycemic load of selected staples based on rice, yam and cassava commonly consumed in Côte d'Ivoire. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 308–315. 2014.
- [4] CNRA Programme Plantain, Bananes, Ananas. Actualité de recherché. From 2013. <http://www.cnra.ci/descprog.php?id=13&prog=Plantain,%20Bananes,%20Ananas&act=present> [accessed 13.03.10].
- [5] J. Cauthen, D. G. Jones, K. Mary,, C. L. Anderson. Banana and Plantain Value Chain: West Africa. Evans School Policy Analysis and Research (EPAR), Brief No. 239. 25p. EPAR Brief No. 239. 2013.
- [6] A.C. Kouamé, K. N. Kouassi, Y. D. N'dri,, N. G. Amani. Glycemic index and load values tested in normoglycemic adults for five staple foodstuffs: pounded yam, pounded cassava-plantain, placali, attieke and maize meal stiff porridge. *Nutrients*, 7, 1267-1281. 2015. doi: 10.3390/nu7021267.
- [7] P. Fellows, Value from village processing. In: *FAO Diversification Booklet 4. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division*, FAO, Rome (Italy). 2011.
- [8] E. E. F Akoa, R. M. Mégnanou, K. A. S. Kra L. S. Niamké Technical variation in the processing of dockounou, a traditional plantain derivate dish of Côte d'Ivoire. *American Journal of Research Communication*, 1 (5), 80-97. 2013.
- [9] A.A. Soro-Yao, B. Kouakou, R. Koffi-Nevry, K. M. Djè. Microbiology of Ivorian fermented products: A review. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 1, 37–47. 2013.
- [10] A. S. Kra, E. Akoa, R-M., Megnanou, K. Yebooue, E. E. Akpa, L. S. Niamke Physicochemical and nutritional characteristics assesement of two different trade tional foods prepared with senescent plantain. *African Journal of Food Science* 7 (3), 51-55. 2013.
- [11] N. J Kouadio, K. A. S. Kra., L. S. Niamke Nutritional effect of boiled and baked soybean dockounou on the wistar rats health. *Conditions International Journal of Biochemistry and Biophysics* 5 (1), 1-8. 2017. DOI: 10.13189/ijbb.2017.050101.

- [12] N. J. Kouadio, R-M. Mégnanou, E. Akpa, E E., Akoa, K. S. Kra, L. S. Niamke Impact of the nutritional supply of Dockounou with millet, soybean, cassava, sorghum flours in Wistar rat growth. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 10, 576-583. 2015.
- [13] J. Kouadio, R-M. Megnanou, E. Akpa, S. Kra, L. S. Niamke. In vitro digestibility of dockounou, a traditional plantain derivate dish of Côte d’Ivoire. *American Journal of BioScience*. 2 (6), 211-216. 2014. doi: 10.11648/j.ajbio.20140206.14.
- [14] International Standards Organisation. ISO 26642-2010. Food Products - Determination of the Glycemic Index (GI) and Recommendation for Food Classification”. Geneva, Switzerland, International Standards Organisation, 2010.
- [15] FAO/WHO. Carbohydrates in Human Nutrition, FAO Food and Nutrition Paper 66. Report of an FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates, April 14-18, 1997. Rome, Italy: FAO, 1998.
- [16] E. F. E Akoa, K. A. S. Kra, R-M. Mégnanou, N. J Kouadio, L. S. Niamke. Optimization of Dockounou Manufacturing Process Parameters. *Sustainable Agriculture Research*; 3 (1) 67-75. 2014.
- [17] L. Prosky. N. G. Asp, T. F. Schweitzer, J. W. DeVries, I. Furda. Determination of insoluble and soluble and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *Journal of AOAC International* 75, 360–367. 1992.
- [18] R.D. Rocklin, C. A Pohl,. Determination of Carbohydrates by Anion Exchange Chromatography with Pulsed Amperometric Detection. *Journal of Liquid Chromatography* 6, 1577–1590. 1983.
- [19] M. Dubois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A Rebers, F.Smith. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28, 350 – 356. 1956.
- [20] H. N. Englyst, S. M. Kingman, J. H. Cummings. Classification and Measurement of Nutritionally Important Starch Fractions. *European Journal of Clinical Nutrition* 46, S33-S50. 1992.
- [21] Report of joint FAO/WHO ad hoc expert committee on energy and protein requirements, FAO Nutr. Meet Rep Ser No 52, Rome, Italy, 1973. The University of Sydney, Glycemic Index. Sydney University Glycemic Index Research Service (SUGIRS). Available online: [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com) (accessed on 21 August 2016).
- [22] A.C. Kouamé, K. N. Kouassi, R. J. Abodo A. K. K., Pereko, C. M. Casiraghi, Y. D. N’dri, N.G Amani. Glycemic responses, glycemic index, and glycemic load values of some street foods prepared from plantain (*Musa spp.*, AAB Genome) in Côte d’Ivoire. *Foods*, 6, 83; 2017. doi: 10.3390/foods6090083.
- [23] O. A. Egbebi, A. T. Bademosi. Chemical compositions of ripe and unripe banana and plantain. *International Journal of Tropical Medicine & Public Health* 1 (1), 1-5. 2012.
- [24] R. M. O. Kayode, A. T. Ajiboye, A. A. Babayeju, B. I. Kayode, C. O. Oladoye, K. T. Adu, Proximate, mineral composition and microbial counts of over-ripe fried plantain (dodo-ikire) sold by vendors in ikire town, NIGERIA. *International Journal of Biotechnology* 2 (4), 68-82. 2013.
- [25] S. Parasite, K. Thayanathan,, S. Balakumar, V. Arasaratnam, Including side dishes to traditional main meals alter the glycemic index. *Sri Lanka Journal of Diabetes Endocrinology and Metabolism* 3, 12–18.2013.
- [26] B. C. Bonnet, O. Hubert, D. Mbeguie-A-Mbeguie, D. Palletn, A. Hiol, M. Reynes, P. Poucheret Effect of physiological harvest stages on the composition of bioactive compounds in Cavendish bananas. *J Zhejiang Univ-Sci B (Biomedicine & Biotechnology)*; 14 (4), 270-278. 2013.
- [27] B. Andualem, A. Gessesse. Proximate composition, mineral content and antinutritional factors of Brebra (*Milletia ferruginea*) seed flour as well as physicochemical characterization of its seed oil. *SpringerPlus*, 3: 298. doi: 10.1186/2193-1801-3-298.
- [28] D. B. Kiin-Kabari. Physico-Chemical and Sensory Properties of Bread Prepared from Wheat and Unripe Plantain Composite Flours Fortified with Bambara Groundnut Protein Concentrate. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 4 (5), 594-599. 2015. doi: 10.11648/j.ijnfs.20150405.23.
- [29] P. Khawas, A. J. Das, N. Sit, L. S. Badwaik, C. S. Deka. Nutritional Composition of Culinary Musa ABB at Different Stages of Development. *American Journal of Food Science and Technology* 2 (3), 80-87., 2014. doi: 10.12691/ajfst-2-3-1.
- [30] T. M. Wolever, D. J. Jenkins, J. Kalmusky,, C. Giordano, S. Giudici, A. L. Jenkins, L. U. Thompson, G. S Wong, R.G Josse. (. Glycemic response to pasta: effect of surface area, degree of cooking, and protein enrichment. *Diabetes Care* 9, 401-404. 1986. Official Website of the Glycemic Index: GI Database (accessed February 2015). [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com).
- [31] [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com) The University of Sydney, Glycemic Index. Sydney University Glycemic Index Research Service (SUGIRS). Available online: [www.glycemicindex.com](http://www.glycemicindex.com) (accessed on 21 August 2016).
- [32] J. C. Brand-Miller, H. J. Griffin, S. Colagiuri. The carnivore connection hypothesis: revisited. *Journal of obesity*, 2011. Volume 2012 Article ID 258624, 9 pages. 2012. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/258624>.
- [33] S. O. Mahgoub, M. Sabone, J. Jackson Glycemic index of selected staple carbohydrate-rich foods commonly consumed in Botswana. *South African Journal of Clinical Nutrition* 26 (4), 182-187. 2013.