



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(5): 2306-2314, October 2017

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Utilisation des paramètres biochimiques pour la détermination de la date optimale de récolte des feuilles de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) au Sénégal

M. DIOUF^{1*}, M. GUEYE² et P.I. SAMB³

¹ *Tropicasem Dakar, Km 5.6 Bd du Centenaire de la Commune de Dakar BP 999, Dakar, Sénégal.*

² *IFAN-Université Cheikh Anta Diop, IFAN-UCAD, UMI189, BP 206 Dakar, Sénégal.*

³ *Département de Biologie Végétale de l'UCAD, BP 5005 Dakar, Fann, Sénégal.*

**Auteur correspondant; E-mail: meissa.diouf@tropicasem.sn*

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements à IPGRI (actuel : Bioversity International) pour son support financier.

RÉSUMÉ

La caractérisation biochimique de 11 cultivars de bissap a été menée afin de comparer leurs teneurs en éléments nutritifs et de déterminer la meilleure période de récolte des feuilles. Les plants ont été produits au Centre pour le Développement de l'Horticulture (CDH) suivant les recommandations du guide de production du bissap de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA). Des échantillons de 100 g de feuilles fraîches ont été prélevés au hasard sur des plantes de chacun de ces cultivars. Ces prélèvements ont été effectués à quatre (4) dates durant le cycle de développement végétatif. Les analyses biochimiques ont été faites à l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) selon les méthodes AOAC. La teneur moyenne en éléments nutritifs des feuilles a été comparée à celle du chou, mais également évaluée à différentes dates durant le cycle de développement végétatif des plantes. Les résultats montrent que les feuilles de bissap sont riches en éléments nutritifs. Une différence existe entre le type rouge et le type vert. Bien que les feuilles du type vert soient les plus consommées, le type rouge a une teneur plus élevée en acidité, vitamine C, calcium et phosphore, alors que, la teneur des autres éléments chimiques (protéines, matières grasses, cendres, cellulose, fer et valeur énergétique) est sensiblement la même. Les feuilles de bissap montrent une teneur plus élevée en protéines, vitamine C, fer et calcium que le chou. La date optimale de récolte pour bénéficier de plus de fer, protéines et acidité se situe à 97 jours après semis.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Cultivars, bissap, période optimale de récolte, éléments nutritifs, Sénégal.

Using biochemical parameters to identify the recommended optimal harvest time of Roselle's (*Hibiscus sabdariffa* L.) leaves in Senegal

ABSTRACT

Biochemical characterization of 11 cultivars of Roselle was conducted to compare content of micronutrients and determinate the recommended optimal harvest time of leaves to maximize on the nutrients.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

3043-IJBCS

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.28>

Plants were grown at the research station of Center for Horticulture Development (CDH) following the technical guideline of Senegalese Research Institute for Agriculture (ISRA). A sample of 100 g was collected at random on plants of each cultivar. Sampling was done at 4 dates during whole cycle of plant growth. The biochemical analysis was done by Food Technology Institute (ITA) in Senegal, using AOAC methods. The average nutrients content of Roselle leaves was compared with cabbage content. Our results show that Roselle leaves content more nutrient than cabbage. Roselle green type and red type show difference in nutrient content. Even though the green type is commonly consumed, the red type is richer in acidity, vitamin C, calcium and phosphorus. However, nutrient content of proteins, fat, ash, celluloses, iron and energy are similar. Roselle leaves show high nutrient content in proteins, vitamin C, iron and calcium than cabbage. The best date to harvest leaves for high level of iron, proteins and acidity is 97 days after sowing.

© 2017 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Cultivars, roselle, best harvesting period, nutrient content, Senegal.

INTRODUCTION

Vingt huit pour cent (28%) des enfants de moins de 5 ans en Afrique Sub-saharienne souffrent de malnutrition protéino-énergétique (UNICEF, 2007). Près de 190 millions d'enfants et plus de 15 millions de femmes enceintes dans les pays en développement ont une déficience en vitamine A (OMS, 2009). Au Sénégal, la pauvreté est en nette progression et la malnutrition reste une réalité palpable. Cinquante six virgule cinq pour cent (56,5%) des ménages sénégalais vivent en dessous du seuil de la pauvreté (ANSD, 2016).

Salami (2011) a rapporté que les légumes feuilles traditionnels de type Africain peuvent jouer un grand rôle dans la réduction des problèmes de malnutrition en apportant les quantités requises en protéines, minéraux et vitamines au corps humain. Ils sont généralement vendus dans les marchés locaux pour leur valeur économique. Ces légumes peuvent contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire et du revenu des populations rurales particulièrement les femmes. Uusiku et al. (2010) ont rapporté que 300 g de feuilles fraîches de légumes traditionnels pourraient couvrir les besoins journaliers en Vitamine A de l'enfant. Concernant les adultes, 300 g de feuilles fraîches de courge pourraient couvrir les besoins journaliers à hauteur de 116% chez la

femme et 97% chez l'homme. Les feuilles de niébé (300 g/jour) pourraient contribuer respectivement à couvrir les besoins journaliers à hauteur de 59% et 50% chez la femme et l'homme. Dès lors, la recherche doit s'orienter vers des produits à haute valeur ajoutée et riches en éléments nutritifs. Plusieurs études ont montré que la production de légumes est rentable (Yang et al., 2009). Cependant, dans les pays en développement et particulièrement en Afrique subsaharienne, les programmes de recherche en cultures horticoles sont principalement orientés sur les légumes de type européen (Afari-Sefa, 2012). Pourtant, les légumes traditionnels de type africain, bien adaptés à nos conditions agro-écologiques, relativement exigeants en intrants, restent une alternative à la portée de ces populations vulnérables. Ils sont beaucoup plus riches en vitamines et sels minéraux que la plupart des légumes dits européens (Alain et al., 2014 ; Brou et al., 2016 ; Yang et al., 2009).

Bien que le bissap soit le légume-feuille le plus répandu et le plus consommé au Sénégal (Diouf et Bâ, 2014), peu de recherche se sont intéressées à l'analyse de sa composition chimique. C'est dans le souci d'apporter notre contribution à une meilleure connaissance des éléments nutritifs du bissap en vue d'une meilleure valorisation ultérieure que cette étude portant sur la caractérisation

biochimique des cultivars a été menée. La teneur en éléments nutritifs des différents cultivars a été comparée. Celle-ci a été comparée à celle du chou. La teneur moyenne en éléments nutritifs des feuilles des 11 cultivars de bissap a été également déterminée à différentes dates afin d'identifier la période optimale de récolte.

MATERIEL ET METHODES

Le matériel végétal était composé de 11 cultivars de bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.). Il s'agissait de six (6) de type vert (L24, L22, RCDH, L7, ACCM et VCDH) et cinq de type rouge (VF, Koor, VMB, VimtoF et BOF).

Méthodes

Afin d'évaluer son importance nutritionnelle, il a été procédé à l'analyse de la composition biochimique des feuilles des 11 cultivars à l'état frais et à différentes dates [(36, 97, 105 et 107 jours après semis (JAS)]. Pour ce faire, des échantillons (100 g de feuilles fraîches) ont été prélevés au hasard sur des pieds de chacun des cultivars (de type vert et de type rouge) produits à l'ISRA-CDH (Diouf et al., 2007b). Les 11 cultivars ont été produits en suivant les recommandations de la fiche technique de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles /ISRA (ISRA, 2015). Le matériel végétal était composé de 6 cultivars de type vert (L24, L22, VRDCH, L7, ACCM, et VCDH) et 5 de type rouge (VF, Koor, VMB, VimtoF et BOF). Les analyses ont été effectuées au Laboratoire de Biochimie de l'Institut de Technologie Alimentaire (ITA) de Dakar. Les produits ciblés dans cette analyse sont principalement la vitamine C (AOAC, 1995_a), les protéines (AOAC, 1995_b), le taux d'acidité (AOAC, 1995_c) et de Fer (AOAC, 1995_d), le taux de matière grasse (AOAC, 1995_e), les cendres (AOAC, 1995_f), et la cellulose (AOAC, 1995_g). La composition biochimique des

cultivars de bissap de type vert a été comparée à celle de type rouge puis à celle de données antérieures sur le chou (Lin et al., 2009). La teneur moyenne en éléments nutritifs des feuilles des 11 cultivars de bissap a été évaluée durant le cycle de développement végétatif des plants afin de déterminer la date optimale de récolte.

Analyses statistiques

Les données des différentes dates ont été analysées par le logiciel d'analyses statistiques multivariées R et un quantidendrogramme a été généré pour comparer les différentes dates de récolte.

RESULTATS

Comparaison de la composition biochimique des feuilles de 11 cultivars de bissap

Les cultivars ACCM, VRCDH et BOF présentent les taux de protéines les plus élevés et contiennent chacun 4,3%. Ce premier groupe est suivi de VimtoF (3,9%) et du génotype L24 (3,7%). BOF a le taux de cendre le plus élevé (1,5%) suivi de L24 et VF qui contiennent le même taux (1,3%). Les cultivars L24 et ACCM renferment dans leurs feuilles le taux de cellulose le plus élevé. Le taux d'acide le plus élevé est détenu par le cultivar Koor qui a également le taux de calcium et de phosphore le plus élevé. La VCDH a le taux de vitamine C le plus élevé. La teneur en fer la plus importante est obtenue avec le L7 suivie du VCDH (Tableau 1). Les cultivars VF et BOF ont les valeurs énergétiques les plus élevées. La comparaison de la teneur moyenne en éléments nutritifs des feuilles de 6 cultivars de bissap de type vert et 5 de type rouge montre que les types vert et rouge ont un taux de protéines, matières grasses, cendres et celluloses, fer et valeur énergétique comparable, alors que le type vert a un taux de vitamine C supérieur à celui du type rouge. Par contre, le type rouge a une

teneur en acidité, calcium et phosphore plus élevée (Tableau 1).

Comparaison de la composition biochimique des feuilles de bissap et de chou

La teneur moyenne en protéines, fer, vitamine C et calcium de 11 cultivars de bissap est plus élevée que celle du chou (Figure 1). Ces observations nous amènent à se poser la question de savoir pourquoi les légumes-feuilles traditionnels sont peu utilisés par les consommateurs et relativement marginalisés par la recherche.

Détermination de la date optimale de récolte

L'évolution des taux de protéines, acidité et fer a connu une augmentation du 36^{ème} au 97^{ème} jour après semis (JAS). Cette

dernière date correspond à la période optimale de récolte des feuilles. En effet, les taux commencent à diminuer légèrement pour l'acidité et le fer mais stagne pour les protéines jusqu'à 105 JAS. A partir de 105 JAS, une baisse du taux d'acidité est observée, une stagnation pour les protéines et une légère diminution pour le fer (Figure 2). L'analyse de la Figure 3 a montré que JAS36 et JAS105 présentent une grande similarité et ont les taux de protéines, acidité et fer les plus faibles. La date JAS97 a les taux les plus élevés et se démarque des autres dates. La date JAS105 reste intermédiaire.

La détermination de la date optimale de récolte des feuilles de bissap, correspondant aux taux les plus élevés en protéines, fer et acidité, a révélé qu'elle se situe à 97 jours après semis (JAS97) (Figures 2 et 3).

Tableau 1: Comparaison de la composition biochimique des feuilles de 11 cultivars de bissap.

	Protéines	Matières	Cendres	Cellulose	Acidité	Vitamine	Fer (mg)	Calcium	Phosphore	Valeur
/100 g	(%)	grasses	(%)	(%)	(%)	C (%)		(mg)	(mg)	énergétique
Géotypes		(%)								(mg)
**L24	3,7	0,3	1,3	2,1	4,9	79,0	1,8	109,9	47,9	55,4
**L22	3,6	0,4	1,1	1,6	4,8	76,8	2,0	136,6	49,7	52,5
*VRC DH	4,3	0,4	1,2	1,5	3,9	119,3	1,2	89,5	62,3	51,2
**L7	3,5	0,3	1,1	1,6	6,7	77,2	2,9	127,4	52,6	52,5
**ACCM	4,3	0,3	1,1	2,1	3,9	78,0	1,7	76,7	53,0	53,9
**VCDH	3,6	0,4	1,2	1,9	4,8	136,2	2,3	80,1	61,5	51,3
Moyenne	3,8	0,35	1,2	1,76	5,02	90,01	2,04	105,5	54,38	53,49
*VF	3,8	0,4	1,3	1,6	6,2	63,6	2,5	118,6	53,6	57,8
*Koor	3,6	0,5	1,2	1,7	7,8	75,9	1,8	186,3	72,5	54,8
*VMB	3,1	0,4	1,2	1,9	4,8	96,8	2,4	153,8	50,5	51,4
*VimtoF	3,9	0,4	1,3	1,7	5,8	75,2	1,8	125,0	64,4	57,0
*BOF	4,3	0,4	1,5	2,0	5,9	79,6	1,5	121,4	67,5	57,6
Moyenne	3,72	0,39	1,26	1,83	6,06	81,87	1,87	146,63	63,72	55,2

*Toutes les valeurs sont exprimées sur la base de 100 g de feuilles fraîches : ** (bissap type vert); * (bissap type rouge).

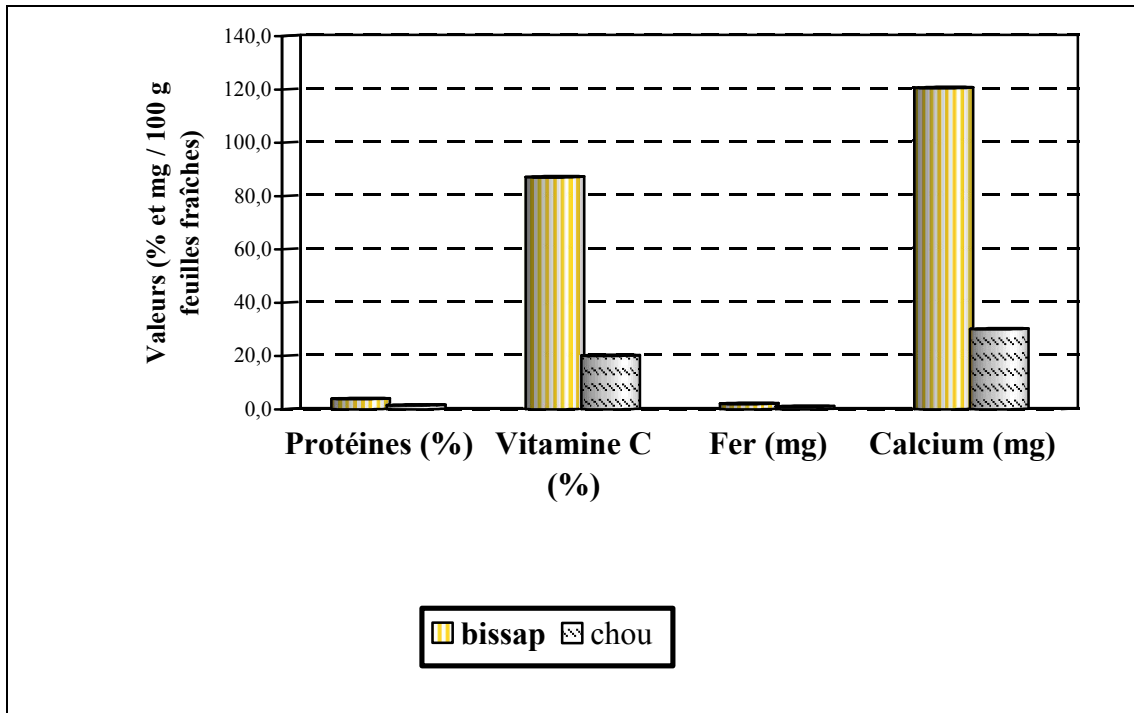


Figure 1 : Comparaison de la composition biochimique moyenne des feuilles de 11 cultivars de bissap avec le chou.

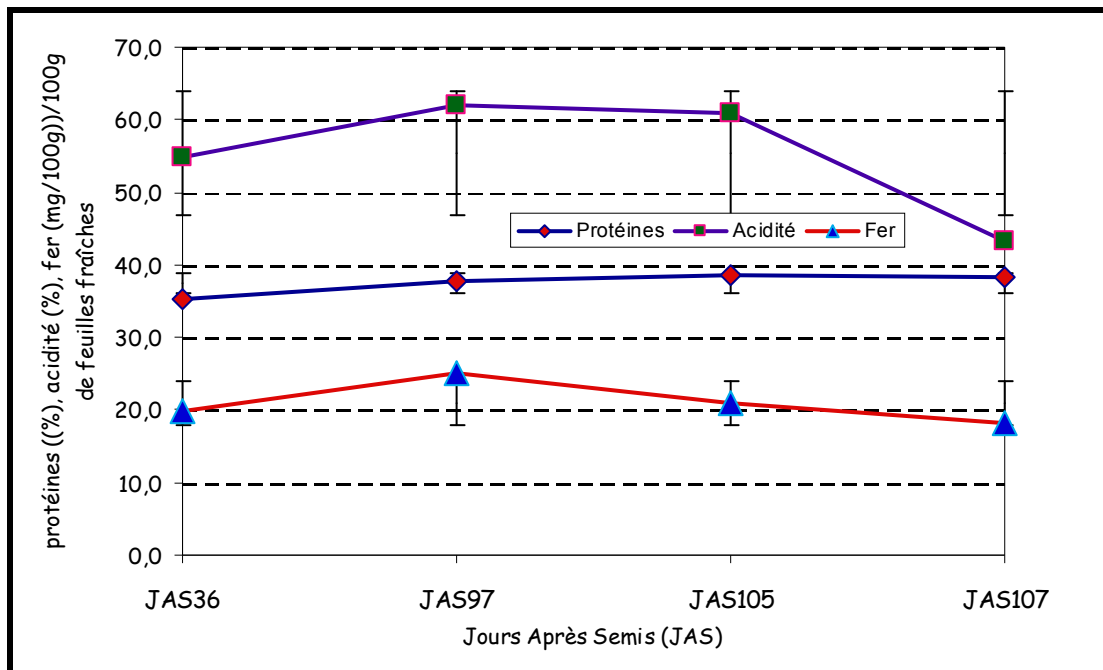


Figure 2 : Détermination de la date optimale de récolte des feuilles de bissap.

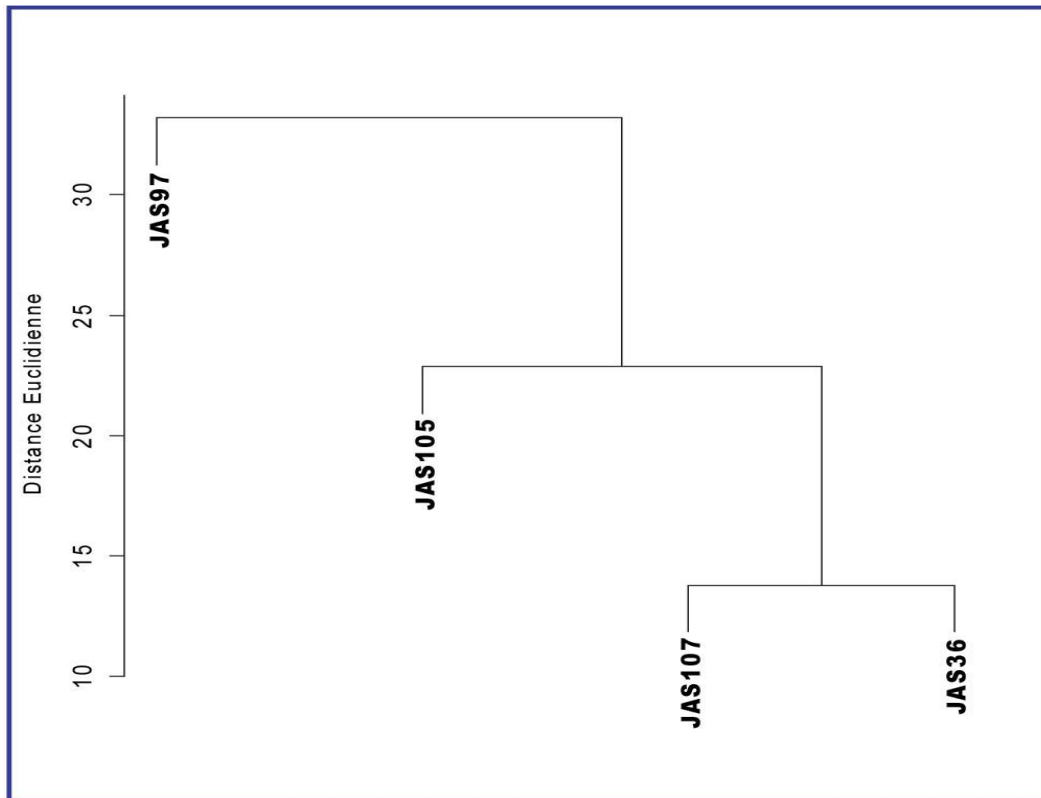


Figure 3 : Dendrogramme de la classification hiérarchique descendante des dates de récolte de cultivars de bissap.

DISCUSSION

Le niveau de consommation des légumes feuilles traditionnels au Sénégal est en moyenne de 23 grammes/personne/jour. Parmi ces légumes feuilles, le bissap est le plus consommé. Des préférences selon les types de bissap rouge ou vert ont été rapportées. Certains groupes ethniques préfèrent les types verts au goût moins acide et d'autres les types rouges plus acides (Guèye et Diouf, 2007 ; Diouf et al., 2007a). Les résultats obtenus montrent que les types rouge ont un taux d'acidité plus élevé que les types vert et confirment ainsi les choix des consommateurs. C'est pour cette raison que Labrada (2002) a rapporté que les qualités organoleptiques et les réalités socio-économiques doivent être prises en compte

dans les critères de choix des producteurs et des consommateurs sur les cultivars. L'analyse biochimique comparative des feuilles de bissap et de chou a révélé que le premier est plus riche en protéines, fer, vitamine C et calcium. Qu'il s'agisse des types vert ou rouge, le bissap est un légume riche en éléments nutritifs et son utilisation accrue pourrait contribuer à réduire la malnutrition protéino-énergétique des enfants en Afrique Sub-saharienne (UNICEF, 2007).

Les variations des teneurs en protéines, acidité et fer dans les feuilles selon les variétés bissap a été rapportée par Atta et al. (2010). Concernant les teneurs en protéines, une variation en fonction des variétés a été rapportée par Alain et al. (2016). La baisse du taux de fer dans les feuilles de 3 écotypes de

bissap a été également rapporté entre 75 et 115 JAS (Atta et al., 2010). Cette baisse a été rapporté sur le taux d'acidité par Brou Roger et al. en 2016.

La richesse des légumes feuilles traditionnels par rapport au chou a été confirmée par les travaux de Lin et al. (2009) qui rapportent qu'il faut consommer 130 fois plus de feuilles de chou que de corète potagère pour bénéficier des besoins journaliers requis en pro-vitamine A. La date optimale de récolte des feuilles se situe à 97 JAS. Mbengue et al. (2006) ont rapporté que le meilleur rendement économique en feuilles se situe à 98 JAS. La concordance de ces dates montre que la période idéale de récolte des feuilles de bissap se situe du 97^{ème} au 98^{ème} JAS. Kane et al. (2010) situe la période optimale de récolte des feuilles de *Lippia multiflora* (verbénacée) pour bénéficier d'une meilleure teneur en protéines à 45 JAS. Ces résultats permettront aux consommateurs de bénéficier d'une grande disponibilité de feuilles de meilleure qualité.

Conclusion

Les cultivars ACCM, VRCDH et BOF présentent les taux de protéines les plus élevés. Ce premier groupe est suivi de VimtoF (3,9%) et du génotype L24 (3,7%). Les cultivars L24 et ACCM renferment le taux de cellulose le plus élevé. Le cultivar Koor a également le taux d'acidité, de calcium et de phosphore le plus élevé. La VCDH a le taux de vitamine C le plus élevé. La teneur en fer la plus importante est obtenue avec le L7 suivie du VCDH. Les cultivars VF et BOF ont les valeurs énergétiques les plus élevées. La comparaison de la teneur moyenne en éléments nutritifs des feuilles de 6 cultivars de bissap de type vert et 5 de type rouge montre que les types vert et rouge ont un taux de protéines, matières grasses, cendres, celluloses, fer et valeur énergétique comparable, alors que le type vert a un taux de

vitamine C supérieur à celui du type rouge. Par contre, le type rouge a une teneur en acidité, calcium et phosphore plus élevée. Ces résultats montre que les feuilles de bissap sont plus riches en protéines, vitamine C, fer et calcium que le chou. Le bissap de type rouge reste plus acide que le type vert. La date optimale de récolte pour bénéficier de plus de fer, protéines et d'acidité se situe à 97 jours après semis. Il serait souhaitable de faire l'analyse des feuilles à l'état sec pour mieux étayer que le premier groupe est plus riche en protéines. Une étude de la bio disponibilité du fer devrait être également envisagée.

CONFLITS D'INTERETS

Cet article ne présente aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

MD est l'investisseur principal, MG et PIS ont été des superviseurs et MG avait en charge les activités ethnobotaniques du projet.

REMERCIEMENTS

Tous mes remerciements aux techniciens du laboratoire de biochimie de l'institut de Technologie Alimentaire (ITA) à Dakar au Sénégal. Tous mes remerciements aux techniciens du laboratoire d'amélioration des plantes de l'ISRA) CDH à Dakar au Sénégal.

REFERENCES

- Afari-Sefa V, Tenkouano A, Ojiewo CO, Keatinge JDH, Hughes A. 2012. Vegetable breeding in Africa: constraints, complexity and contributions toward achieving food and nutritional security. *Food Sci.*, 4: 115-127. DOI : 10.1007/s12571-911-0158-8.
- Alain Ignassou D, Rasmata N, Zoumbiessé T, Badoua B. 2014. Mise en évidence des valeurs nutritionnelles de dix (10) variétés de patate douce [*Ipomea batatas*

- (L.) Lam.] du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(5): 2062-2070. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- ANSD (Agence Nationale de la statistique et de la Démographie). 2016. Enquête intitulée «à l'écoute du Sénégal de 2014 sur les conditions de vie des ménages réalisée entre novembre 2014 et janvier 2015, sur toute l'étendue du Sénégal. Dakar, Sénégal. www.senego.sn
- Atta S, Diallo AB, Bakasso Y, Sarr B, Saadou M, Glew RH. 2010. Micro-elements content in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) at different growth stage. *AJFNAD.*, **10** (5).
- Brou Roger K, Alain Bernadin A, Pierre Martial TA, Rebecca Rachel A, Konan Jean Louis, N'guessan GA. 2016. Variation des paramètres biochimiques de l'eau de coco (*Cocos nucifera* L.) issu de la culture in vitro pendant la période de stockage. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3): 957-965. <http://www.ifgdg.org>
- Diouf M, Bâ CO. 2014. Contribution of the African leafy vegetables to the food security and income generation in Senegal. *Acta Horticulturae*, **1021**: 53-58. DOI: 10.17660/ActaHortic.
- Diouf M, Guèye M, Faye B, Diémé O, Lô C, Gningue D, Bâ CO, Bâ TB, Niang Y, Ba Diao M, Tamba A, Mbaye AA, Fall CA. 2007a. Germoplasm management of African leafy vegetables. In: Proceeding of regional workshop on Plant genetic resources for food and security in West and Central Africa, Raymond. V (ed). IPGRI Nairobi: Kenya; 13-17.
- Diouf Meïssa, Mbengue Ndèye Bouba, Kanté Aminata 2007b. Characterization of accessions of 4 african leafy vegetable species in Senegal (*Hibiscus sabdariffa* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp, *Amaranthus* L. spp et *Moringa oleifera* Lam.) in Senegal. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development (AJFAND)*. **7**(3): Nairobi, Kenya. 16p. (www.ajfand.net).
- Guèye M, Diouf M. 2007. Traditional leafy vegetables in Senegal: Diversity and Medicinal uses. *Afr. J. Trad.*, **4**(4): www.Africanethnomedicines.net.
- ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles). 2015. Itinéraires techniques de production du bissap. In *Guide du Maraichage au Sénégal*, Kopia Senegal Center (ed). ISRA : Dakar : Sénégal ; 48-52.
- Kane F, Yao-Kouamé A, Konan AA, N'guessan AK. 2010. Dosage de quelques composantes biochimiques des feuilles de *Lippia multiflora* (Verbenacée) à deux stades de développement et qualité des infusion, en fonction de la dose d'urée. *Agronomie Africaine*, **22**(3) : 227 - 235.
- Labrada, HR. 2002. Sélection végétale participative : cultiver le savoir. Point de vue. *Spore*, **102**:16.
- Lin LJ, Hsiao, YY, Yang, RY, & Kuo, CG. 2009. Evaluation of ivy gourd and tropical violet as new vegetables for alleviating micronutrient deficiency. *CTA Horticulturae*, **841**: 329-333.
- Mbengue NB, Diouf M, Ngom PM, Diop AT. 2006. Agro-morphological and biochemical characterization of twelve (12) accessions of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) collected in Senegal. *Journal des Sciences et Technologies-Faculté des Sciences et Techniques*, **4**(1): 37-47.
- AOAC. 1995a. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 967-22; 45. 1.15.
- AOAC. 1995b. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 925-10; 32. 1.22.
- AOAC. 1995c. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 942-15; 37. 1.37.

- AOAC. 1995_d. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 991-27; 39. 1.12.
- AOAC. 1995_e. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 4-6. 01
- AOAC. 1995_f. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 923-03; 32. 1.05.
- AOAC. 1995_g. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 984-27; 50. 1.15.
- AOAC. 1995_h. *Official Methodes of Analyses* (Vol. II). AOAC International 16ème; 925-10 ; 32. 1.22.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé), 2009. *Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Populations at Risk 1995–2005: WHO Global Database of Vitamin A Deficiency*. Organisation Mondiale de la Santé : Geneva, Switzerland.
- Salami TR. 2011. Survey and identification of some under exploited indigenous vegetable in some part of Osun State, Nigeria University of Abeokuta, Horticulture M.Sc. Thesis, P 8.
- UNICEF (Fonds des Nations Unies pour l'Enfance) 2007. *The State of the World's Children 2007 – Executive Summary*. Women and Children, the Double Dividend of Gender Equality: New York, USA.
- Uusiku NP, Oelofse A, Duodu KG, Bester MG, Faber M. 2010. Nutritional value of leafy vegetables of Sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health: A review. *J. Food Compost. Anal.*, **23**: 499-509.
- Yang RY, Lin S, Kuo G. 2009. Nutritional contributions of important African indigenous vegetables. In *African Indigenous Vegetables in Urban Agriculture*, Charlie MS, Margaret WP, Axel W. DE (eds). Dunstan House 14a St Cross St London Earthscan: London; 105-143.