

Détermination de la teneur en α -tocophérol de la spiruline produite au Burkina Faso

[Détermination of the α -tocopherol content of spirulina produced in Burkina Faso]

Boubacar Savadogo¹, Hermann Biènou Lanou¹, Diane Célestine Valea¹, Charles Parkouda², and Augustin Nawidimbasba Zeba¹

¹Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ouagadougou, Burkina Faso

²Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2023 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: Spirulina is a food supplement rich in micronutrients and vitamins. It is called «the ideal food for humanity» and the World Health Organization has considered it a «super food» and the best food for the future due to its high nutritional value. This study aimed to evaluate the levels of α -tocopherol in 20 samples of spirulina before and after sun drying. This was an analytical study aimed at determining the levels of α -tocopherol in fresh and after dried spirulina using high performance liquid chromatography (HPLC). The average α -tocopherol content of fresh spirulina was 3.48 mg/100 g. After drying, the average α -tocopherol content was 4.37 mg/100 g, an increase in α -tocopherol of 25%. Drying and packaging spirulina remains the only means of wide commercial distribution. Nutritional losses were not observed after drying the spirulina. However, it is advisable to consume spirulina fresh or just after drying because prolonged storage could destroy some active ingredients necessary for good human nutrition.

KEYWORDS: Spirulina, α -tocopherol, Burkina Faso.

RESUME: La spiruline est un complément alimentaire riche en micronutriments et en vitamines. Elle est appelée « l'aliment idéal pour l'humanité » et l'Organisation mondiale de la santé l'a considérée comme «super aliment» et la meilleure nourriture pour l'avenir en raison de sa haute valeur nutritive. La présente étude visait à évaluer les niveaux de l' α -tocophérol de 20 échantillons avant et après séchage au soleil. Il s'agissait d'une étude analytique visant à déterminer les niveaux d' α -tocophérol dans la spiruline fraîche et après séchage en utilisant la chromatographie liquide à haute performance (HPLC). La teneur moyenne en α -tocophérol de la spiruline fraîche était de 3,48 mg /100 g. Après séchage, la teneur moyenne en α -tocophérol étaient de 4,37 mg/100 g soit une augmentation en α -tocophérol de 25%. Le séchage et le conditionnement de la spiruline restent les seuls moyens d'une large distribution commerciale. Les pertes nutritionnelles n'ont pas été constatées après séchage de la spiruline. Cependant, il est conseillé de consommer la spiruline fraîche ou juste après le séchage car une conservation prolongée pourrait détruire quelques principes actifs nécessaires pour une bonne nutrition humaine.

MOTS-CLEFS: Spiruline, α -tocophérol, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

La spiruline est une algue comprenant plus de 20000 espèces dans le monde, soit 18 % du règne végétal [1]. En effet sous le terme « algue » sont regroupés des organismes végétaux extrêmement variés tant par la taille que par la structure cellulaire.

La spiruline (*Spirulina platensis*, famille des Oscillatoriaceae) est l'une des algues bleu-vert riche en protéines (62,84%) et contient une forte proportion d'acides aminés essentiels (38,46% de la protéine) et est riche en vitamines comme les β -carotènes et le complexe de vitamine B sous forme de vitamine B12 (175 μg / 10 g) et d'acide folique (9,92 mg / 100 g). Il est également riche en calcium et en fer (922,28 et 273,2 mg / 100 g, respectivement) pour protéger contre l'ostéoporose et les maladies du sang, ainsi qu'un pourcentage élevé de fibres naturelles [2]. Ainsi, la spiruline est utile et nécessaire à la croissance des nourrissons et très adaptée aux enfants, notamment en phase de croissance, aux personnes âgées et aux malvoyants. Il aide également beaucoup en cas de faiblesse générale, d'anémie et de constipation chronique. La spiruline contient du sélénium (0,0393 mg / 100 g) et de nombreux phyto-pigments tels que la chlorophylle et la phycocyanine (1,56 et 14,647%), qui sont connus pour être de puissants antioxydants [2].

Il a été prouvé expérimentalement, in vivo et in vitro que la spiruline est efficace pour traiter certaines allergies, l'anémie, le cancer, l'hépatonéphrotoxicité, les maladies virales et cardiovasculaires, l'hyperglycémie, l'hyperlipidémie, l'immunodéficiences et les processus inflammatoires, entre autres [3], [4], [5]. Ainsi, la spiruline est considérée généralement comme un produit sans effets toxicologiques, et elle est approuvée par la FDA (Food and Drug Administration) et l'ANVISA [6]. La Food and Drug Administration des États-Unis (1981) n'a pas remis en question le fondement de la désignation généralement reconnue comme sûre de la spiruline dans les conditions de son utilisation prévue, la restreignant ainsi en tant qu'additif alimentaire dans des quantités allant de 0,5 à 3,0 grammes par portion. Les formulateurs utilisent la spiruline dans les barres alimentaires de spécialité, les boissons nutritionnelles en poudre, le pop-corn, les boissons, les fruits et les jus de fruits, les desserts et condiments surgelés [2]. Au cours de la dernière décennie, l'agriculture et la consommation de cette algue sont en plein essor dans tous les pays en développement [7]. Sa consommation est indiquée comme l'une des solutions de lutte contre les carences en multi-nutriments dans ces pays [8], [9]. Ce complément alimentaire offre des bienfaits remarquables pour la santé des enfants sous-alimentés. Il est riche en β -carotène qui peut surmonter les problèmes oculaires causés par une carence en vitamine A; il fournit les besoins alimentaires quotidiens en β -carotène qui peuvent aider à prévenir la cécité et les maladies oculaires [10]. Le complexe de protéines et de vitamines B apporte une amélioration nutritionnelle majeure dans l'alimentation d'un nourrisson. C'est la seule source alimentaire autre que le lait maternel contenant des quantités substantielles d'acide gras essentiel, d'acides aminés essentiels qui aide à réguler l'ensemble du système hormonal [11]. La spiruline contient également de l' α -tocophérol (vitamine E) qui est connu dans la plupart des cas pour ses propriétés anti-oxydantes et son implication dans la régulation du stress oxydatif [12], [13], [14], [15]. Par conséquent, la spiruline constitue une source intéressante de β -carotène et d' α -tocophérol qui doivent tous deux être contrôlés pendant la production et la transformation. Au Burkina Faso, la carence en plusieurs nutriments est un problème de santé publique. Selon l'enquête démographique et sanitaire de 2010, les manifestations de malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans sont des retards de croissance (35%), un poids insuffisant (16%) et un taux d'anémie élevé (88%) [16]. L'une des solutions entreprises dans la lutte contre les carences nutritionnelles est l'introduction de la culture de la spiruline et la vulgarisation de sa consommation à petites doses comme complément alimentaire [16]. Le principal objectif des exploitations impliquées dans la production de spiruline doit contribuer à améliorer la santé de la communauté grâce à l'utilisation de la spiruline [17]. Le gouvernement du Burkina Faso a approuvé cet objectif en finançant entièrement le projet de production intégrée de spiruline de Koudougou «Nayalgué».

La spiruline fraîche reste moins accessible à la population en raison de sa courte durée de conservation. Le séchage de la biomasse fraîche et son stockage restent le seul moyen sûr de commercialisation ou de distribution humanitaire. Le séchage permet une stabilisation de la spiruline hydratée par la réduction à la fois de la teneur en eau et de l'activité. Cependant, des modifications chimiques sont susceptibles de se produire dans la biomasse sèche pendant le séchage et le stockage. Les composants oxydants tels que l' α -tocophérol et le β -carotène sont sensibles à l'oxygène atmosphérique, à la lumière et aux variations de température [17], [18], [19].

De plus, on sait peu de choses sur l'impact du séchage et du stockage sur la valeur nutritive de la spiruline produite et commercialisée au Burkina Faso. Le but de la présente étude était d'évaluer les teneurs en α -tocophérol de la spiruline avant et après séchage.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATIÈRE VÉGÉTALE

La matière végétale était constituée de spiruline (*Spirulina platensis*) prélevée de mai à juin 2020 dans la ferme de production Notre Dame d'Afrique de Koudougou. La spiruline a été obtenue en culture synthétique contrôlée pour une production à échelle semi-industrielle.

2.2 ECHANTILLONNAGE

Un échantillonnage de 20 sachets de poudre de spiruline produite dans la ferme a été choisi de façon aléatoire pour les analyses chimiques au laboratoire. La teneur en α -tocophérol des échantillons frais a été dosée. Après séchage, la même série d'échantillons a été dosée afin de vérifier la présence ou non d'impact du séchage sur la teneur en α -tocophérol dans la spiruline.

2.3 SÉCHAGE ET STOCKAGE DE LA SPIRULINE

Le séchage a été réalisé au soleil pendant 5 h à l'aide d'un séchoir de type «coquillage» [20]. Après séchage des spaghettis de spiruline, ils sont devenus durs et cassants, faciles à broyer. Après séchage, tous les échantillons ont été retirés du séchoir et placés dans une plaque en aluminium. La biomasse séchée a été immédiatement pesée et broyée. Le conditionnement de la poudre a été effectué dans une pièce aux fenêtres fermées à température ambiante (30 ° C). La poudre a été conditionnée manuellement dans des sacs en plastique (10 g / sachet). Les échantillons de poudre ont été immédiatement transportés dans un sac isotherme au laboratoire de l'institut de recherche en sciences de la santé où des analyses chimiques des nutriments ont été effectuées. La chromatographie Liquide à Haute Performance a été utilisée pour le dosage de l' α -tocophérol dans la spiruline (HPLC).

2.4 MÉTHODES DE DOSAGE DES VITAMINES PAR HPLC

2.4.1 CALIBRATION

La calibration est une étape importante de l'analyse. Elle permet en effet d'identifier sur le chromatogramme les pics et les différents temps de rétention des éléments à analyser, mais aussi de calculer pour chaque composé un facteur de calibration relatif qui interviendra comme un facteur de correction lors des calculs de concentrations des différentes substances identifiées.

La détermination de la concentration de chaque composé, du mélange de calibration est une étape importante dans sa préparation. Pour ce faire, on dissout une quantité inconnue de la poudre du standard dans 3 mL d'hexane qui constituera la solution mère. On réalise ensuite des dilutions successives au 1/10, 1/100 et 1/1000 de cette solution mère avec de l'hexane.

On mesure la densité optique (DO) des 4 solutions. La longueur d'onde analytique est de 290 nm. On calcule ensuite la concentration de la solution ayant une DO comprise entre 0,1 et 0,9 à l'aide de la formule suivante:

$$C = (DO/\epsilon) \cdot 10^{-3} \mu\text{g} / \text{mL}$$

ϵ = coefficient d'extinction molaire.

Ensuite, le mélange de calibration est constitué en déterminant puis en prélevant exactement le volume requis de solution hexanique du standard. Ces volumes sont repris dans un tube puis le mélange est effectué sous agitation au vortex et soumis à une évaporation sous jet d'azote. L'évaporation sous azote permet de dégazer l'hexane et le sédiment obtenu est récupéré dans un volume requis de phase mobile. Le mélange de calibration ainsi constitué contient X pMoles du standard dans 20 μL de phase mobile. Ce mélange a été ensuite injecté dans le chromatographe en duplicata en vue de déterminer le facteur de calibration.

2.4.2 EXTRACTION

Les granulés de spiruline ont été écrasés dans un mortier. On a prélevé ensuite 10 mg de poudre sèche. A cette pesée furent ajoutés 1 mL d'éthanol et 4 mL d'hexane. Après agitation au vortex pendant 2 minutes, les tubes contenant ce mélange sont fermés et conservés au réfrigérateur à 4° pendant 12 à 15 heures. Après avoir ramené à la température ambiante, 1 mL d'une solution de NaCl 3 M est ajouté au macéré. Après agitation, ce mélange est centrifugé à 3000 tours/min pendant 5 minutes pour casser les émulsions. La phase hexanique est ensuite prélevée, transférée dans un autre tube auquel on ajoute 1 mL de diméthylformamide (DMF) servant à éliminer la chlorophylle. Le mélange est soumis ensuite à une agitation et une centrifugation. 1 mL de l'extrait est ensuite prélevé pour l'évaporation sous jet d'azote et l'extrait sec ainsi obtenu est récupéré dans 1 mL d'acétonitrile, composante majoritaire de la phase mobile. Pour l'extraction des échantillons de la spiruline fraîche, 10 mg de chaque échantillon sont prélevés dans tube de 10 mL et la même procédure d'extraction est appliquée.

2.4.3 DOSAGE

Soixante (60) μL de l'extrait récupéré dans l'acétonitrile sont prélevés pour injection en duplicata afin de quantifier les différents teneurs en α -tocophérol

Les analyses se sont effectuées avec une phase mobile composée d'un mélange d'acétonitrile, de dichlorométhane et de méthanol respectivement à 70 %, 20% et 10 %.

3 RÉSULTATS

TENEURS EN A-TOCOPHÉROL DANS LES ÉCHANTILLONS FRAIS ET APRÈS SÉCHAGE

Le dosage de l' α -tocophérol a été effectué sur 20 échantillons frais et après séchage. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Teneurs en α -tocophérol dans les échantillons frais et après séchage

Numéro Echantillon	Teneur en mg/100g d' α -tocophérol des échantillons frais	Teneur en mg/100g d' α -tocophérol des échantillons séchés
1	3,16 \pm 0,2 ^a	3,71 \pm 0,3 ^a
2	2,15 \pm 0,1 ^a	2,76 \pm 0,1 ^a
3	4,28 \pm 0,3 ^a	5,15 \pm 0,4 ^a
4	3,32 \pm 0,2 ^a	3,64 \pm 0,2 ^a
5	2,47 \pm 1,6 ^a	3,16 \pm 0,3 ^a
6	3,71 \pm 2,4 ^a	4,31 \pm 0,4 ^a
7	4,32 \pm 0,2 ^a	5,24 \pm 0,3 ^a
8	4,11 \pm 0,4 ^a	5,36 \pm 0,5 ^a
9	3,25 \pm 0,3 ^a	4,21 \pm 0,4 ^a
10	2,98 \pm 0,1 ^a	3,25 \pm 0,2 ^a
11	3,14 \pm 0,3 ^a	4,54 \pm 0,4 ^a
12	4,61 \pm 0,3 ^a	5,42 \pm 0,5 ^a
13	3,57 \pm 0,2 ^a	4,68 \pm 0,3 ^a
14	4,31 \pm 0,3 ^a	5,74 \pm 0,4 ^a
15	3,31 \pm 0,2 ^a	4,35 \pm 0,3 ^a
16	3,39 \pm 0,1 ^a	4,65 \pm 0,3 ^a
17	4,38 \pm 0,4 ^a	5,38 \pm 0,3 ^a
18	3,51 \pm 0,2 ^a	4,51 \pm 0,4 ^a
19	4,17 \pm 0,3 ^a	5,35 \pm 0,5 ^a
20	4,63 \pm 0,3 ^a	5,81 \pm 0,4 ^a
Moyenne	3,48 \pm 0,3^a	4,37 \pm 0,4^a

Le tableau 1 présente les teneurs en **α -tocophérol** dans 20 échantillons de spiruline avant et après séchage. Dans l'ensemble, avant séchage, on note une teneur moyenne de globale 3,48 \pm 0,3 mg/100g et après séchage, une teneur moyenne de 4,37 \pm 0,4 mg/100g, soit une hausse de 25,57%.

Les résultats présentés au tableau 1 sont la moyenne \pm les écarts-types (chaque échantillon a été analysé en duplicata et la moyenne a été calculée). Test Exact de Fisher: sur chaque ligne, les valeurs à lettre identique sont considérées comme non significativement différentes ($p > 0,05$). Les résultats sont exprimés en mg/100g de spiruline.

La figure 1 présente l'histogramme des teneurs en α -tocophérol des 20 échantillons de la spiruline fraîche et après séchage. On note globalement une légère augmentation des teneurs après séchage mais non statistiquement significative.

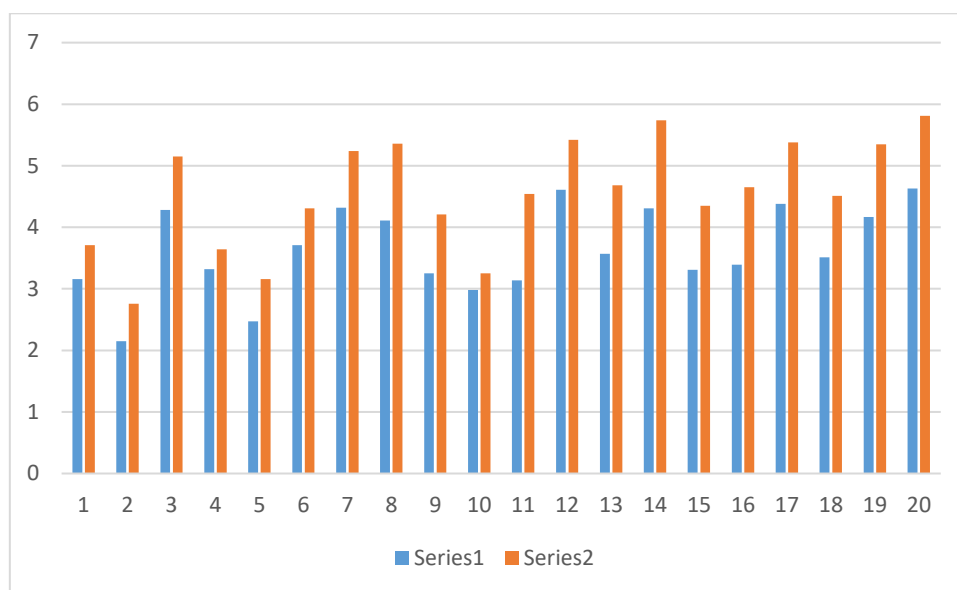


Fig. 1. Histogramme comparatif des teneurs en α -tocophérol de la spiruline avant et après séchage

X= numéro d'échantillon (de 1 à 20)

Y= Teneur en α -tocophérol (en mg/100g)

Série 1 (Bleu): Histogramme des teneurs en α -tocophérol des échantillons frais

Série 2 (Rouge): Histogramme des teneurs en α -tocophérol des échantillons séchés

4 DISCUSSION

Le dosage de l' α -tocophérol a été effectué sur les échantillons de spiruline avant et après séchage. Les échantillons étaient conditionnés dans des sachets transparents qui laissent passer la lumière. Les premières analyses portant sur des échantillons frais ont donné des teneurs variant de 2,1 mg / 100 g à 4,63 mg/100 g. La moyenne était de $3,48 \pm 0,3$ mg / 100 g de spiruline fraîche. L'analyse des mêmes échantillons après séchage, rapporte des résultats variant de 2,76 à 5,81 mg / 100 g, avec une moyenne de $4,37 \pm 0,4$ mg / 100 g, soit une augmentation de 25,57%.

La teneur en α -tocophérol des échantillons de spiruline fraîche est moins élevée que celle de la spiruline séchée. Cette différence pourrait être due à la présence d'eau dans la spiruline fraîche. Pour le même poids, il y a une quantité plus élevée d' α -tocophérol dans la spiruline séchée que celle fraîche.

Des études similaires menées par Kambou et al en 2005, à Ouagadougou ont montré des teneurs en α -tocophérol de la spiruline fraîche de 2,06 mg/100 g. Après séchage, les mêmes échantillons ont donné une teneur moyenne de 2,52 mg/ 100 g; soit une augmentation de 22, 33% [21].

Les teneurs observées dans la présente étude sont en dessous de celles trouvées par Falquet et al en 1996. En effet, la même étude avait montré des valeurs en α -tocophérol variant entre 5 mg/ 100 g et 19 mg/100 g de spiruline. Des études menées par Baadi Nadia et al en 2014 en Algérie avaient des teneurs similaires d' α -tocophérol dans la spiruline. En effet, ces valeurs variaient entre 5 et 18 mg/100g d' α -tocophérol dans la spiruline [6].

Les valeurs que nous avons obtenues dans la spiruline sont faibles pour constituer une source privilégiée en α -tocophérol. On estime en effet les besoins chez l'adulte entre 5 et 15 mg d' α -tocophérol par jour, or les résultats obtenus nous donnent des teneurs en dessous de 5 mg pour 100 g de spiruline. Afin de couvrir les besoins en α -tocophérol, une consommation de 250g de spiruline est indispensable. La spiruline apporte néanmoins plus de tocophérol que la viande rouge (0,5- 1,6mg/100g), la volaille (0,16 à 0,4 mg/ 100g), le poisson (0,6-1mg/100g), les fruits (0,23-0,72 mg/100g), autant que le pain (1-5mg/ 100g) et moins que le soja (10,1mg/100g), l'huile de maïs (28mg/100g), l'huile de palme (25,6mg/100g), la margarine (28 mg/100g).

Une étude menée au Sénégal par Sall et al en 1999 [22] a trouvé une teneur moyenne en α -tocophérol dans la spiruline séchée de 0,1 mg/100 g; ce qui est nettement en dessous des valeurs trouvées dans la présente étude (4,37 mg/100 g). La teneur en α -tocophérol varie donc en fonction de la zone de culture. Ces disparités de résultats pourraient provenir de

nombreux facteurs dépendant en premier lieu des conditions de culture, mais surtout de séchage de la spiruline. Il est, par exemple, très probable que le séchage par « spray-drying » qui brise très fortement les filaments de spiruline réduise considérablement la durée de conservation des vitamines sensibles à l'oxydation, dont la vitamine E.

La technique utilisée dans la présente étude était le séchage direct au soleil. Dans cette optique, la biomasse fraîche a été transformée en des cylindres de deux millimètres de diamètre (« spaghetti » de spiruline), puis étalée sur un écran contenu dans une boîte de séchage exposée à la lumière du soleil. La température de l'air entrant dans la boîte de séchage, qui s'avère être un paramètre prépondérant pour garantir la valeur nutritive de la spiruline [23], n'a pas été contrôlée. Les échantillons séchés à l'aide de cette technique contiennent des teneurs en eau résiduelle non homogène qui sont susceptibles d'avoir une influence sur le contenu nutritif [24].

Des auteurs ont utilisé le séchage par pulvérisation où le jus de spiruline broyée était séché. A cet égard, les filaments ont été préalablement réduits en bouillie pour briser leur membrane avant d'être soumis à un courant de gaz de combustion à très haute température pendant très peu de temps [24]. Nos échantillons contiendraient probablement plus d'eau résiduelle que ceux de ces auteurs.

5 CONCLUSION

Les résultats de la présente étude suggèrent l'utilisation de cette micro-algue comme complément alimentaire dans les plus brefs délais (à l'état frais ou juste après séchage) si l'on veut bénéficier de façon appropriée des effets de la vitamine E (α -tocophérol). La spiruline conserve sa teneur en vitamine E juste après séchage. Cependant, les pertes de valeur nutritive de la spiruline après récolte peuvent être dues à plusieurs facteurs tels que l'emballage et le stockage prolongé constaté dans des études antérieures. Ce sont des aspects importants à prendre en compte sur les sites de production ainsi que tout au long de la chaîne de commercialisation de cette micro-algue à valeur nutritive élevée.

CONFLIT D'INTÉRÊT

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt pour cette publication.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la ferme de production Notre Dame d'Afrique de Koudougou pour son appui dans la collecte des échantillons dans la zone de l'étude.

REFERENCES

- [1] LeCointre G et le Guyader H, (2001). Classification phylogénétique du vivant. 2^{ème} édition, Berlin, ISBN 2-70011-213-6, 543 p.
- [2] Sharoba AM., (2014). Nutritional value of spirulina and its use in the preparation of some complementary baby food formulas. *J. Agroalim. Proc. Technol.* 20: 330-350.
- [3] Chamorro G, Salazar M, Araújo KG, dos Santos CP, Ceballos G, Castillo LF., (2002). Update on the pharmacology of Spirulina (Arthrospira), an unconventional food. *Arch Latinoam Nutr.* 52 (3): 232-40.
- [4] Romay Ch, González R, Ledón N, Ramirez D, Rimbau V., (2003). C-phycoyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Curr. Protein Pept. Sci.* 4 (3): 207-216.
- [5] Selmi C, Leung PS, Fischer L, German B, Yang CY, Kenny TP, Cysewski GR, Gershwin ME., (2011). The effects of spirulina on anemia and immune function in senior citizens. *Cell Mol. Immunol.* 8 (3): 248-254.
- [6] Navacchi MFP, Monteiro de Carvalho JC, Takeuchi KP, Danesi EDG., (2012). Development of cassava cake enriched with its own bran and Spirulina platensis. *Acta Sci. Technol. (Maringa).* 34: 465-472.
- [7] Charpy L, Langlade MJ, Alliod R., (2008). La spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique? IRD: Marseille, 2008.
- [8] Simporé J, Pignatelli S, Musumeci S., (2007). The effects of spirulina on the immune functions of HIV-infected undernourished children. *J. Infect. Dev. Ctries.* 1: 112-117.
- [9] Teas J, Irhimeh M.R., (2012). Dietary algae and HIV/AIDS: proof of concept clinical data. *J. Appl. Phycol.* 24: 575-582.
- [10] Seshadri CV, (1993). Large scale nutritional supplementation with spirulina alga. All india coordinated project on spirulina. Shrimm. Murugappa Chettiar. Research Center (MCRC), Madras, India.

- [11] Ramesh S, Manivasgam M, Sethupathy S, Shantha K., (2013) Effect of spirulina on Anthropometry and Bio-Chemical Parameters in School Children. *IOSR J. Dent. Med. Sci.* 7 (5) 11-15.
- [12] Falquet J, Hurni J.P., (2006). Spiruline, Aspects Nutritionnels. Antenna Technology, 41p.
- [13] McLaren SD, Frigg M., (2001). Manual sight and life sur les troubles dus à la carence en vitamine A (TCVA). 2ème éd. Bâle: Suisse, Task Force Sight and Life., 176p.
- [14] Traber MG, Atkinson J., (2007). Vitamin E, Antioxidant and Nothing More. *Free Radic. Biol. Med.* 43 (1): 4-15.
- [15] Rajendran B, ChitturiSree SK, Matukumalli UR, Mylaram KS, Gopu B, Alla G.R., (2013). An evaluation of the protective role of α -tocopherol on free radical induced hepatotoxicity and nephrotoxicity due to chromium in rats. *Indian J. Pharmacol.*, 45 (5): 490-495.
- [16] Sawadogo M, Nikièma JB, Compaoré M., (2004). La spiruline de «Nayalgué», projet de production intégrée au Burkina Faso. *Pharm. Méd. Trad. Afr.* 13: 117-132.
- [17] Rastrelli L, Passi S, Ippolito F, Vacca G, De Simone F., (2002). Rate of degradation of alpha-tocopherol, squalene, phenolics, and polyunsaturated fatty acids in olive oil during different storage conditions. *J. Agric. Food Chem.* 50 (20): 5566-5570.
- [18] Cuvelier C, Dotreppe O, Istasse L., (2003). Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Ann. Méd. Vét.*, 147: 315-324.
- [19] Ferreira JE, Rodriguez-Amaya D.B., (2008). Degradation of lycopene and beta-carotene in model systems and in lyophilized guava during ambient storage: kinetics, structure, and matrix effects. *J. Food Sci.*, 73 (8): 589-94.
- [20] Ibrahim EA, Abdel-Daim M.M., (2015). Modulating effects of Spirulina platensis against tilmicosin-induced cardiotoxicity in Mice. *Cell J.* 17 (1): 137-144.
- [21] Kambou Carine, (2005). Contribution à la détermination de la teneur en protéines, tocophérol, caroténoïdes et essais de formulation galénique de la poudre de spiruline produite au Burkina Faso: cas de la ferme de Koudougou. Thèse de pharmacie, Université de Ouagadougou.
- [22] Sall M.G., Dankoko B., Badiane M., Ehua E., Kuakuwi N., (1999). La spiruline: une source alimentaire à promouvoir. *Médecine d'Afrique noire*, 2p.
- [23] Beccera C, Desmorieux H, Brianchon S, Khenniche S, Albiol J., (2005). Culture et séchage de la spiruline par atomisation. *Récents Progrès en Génie des Procédés* 92.
- [24] Lingani-Sawadogo H, Thiombiano G, Traoré S.A., (2005). Effets du stockage sur la vitamine C, les caroténoïdes et le brunissement de la mangue (*Mangifera indica* L.) Amélie séchée. *Sci. Méd.*, 3: 62-67.