

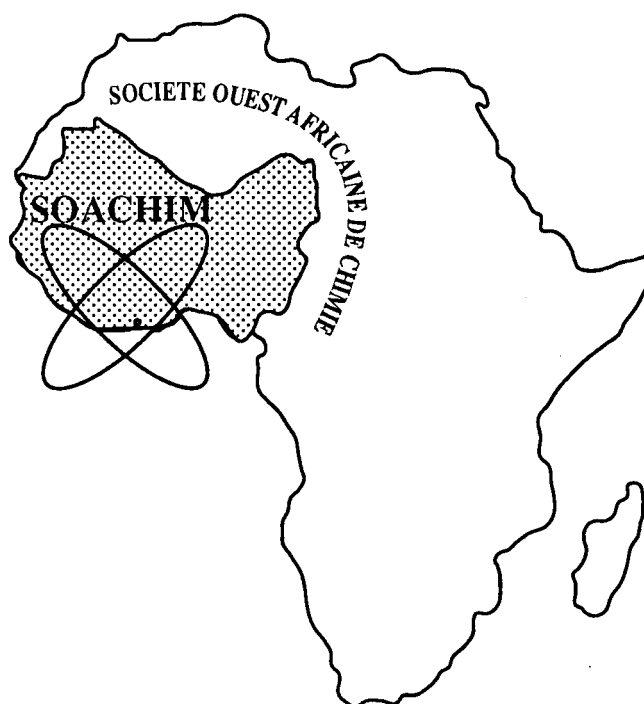
Farine de la Patate Douce à Chair Orange : caractérisation des caroténoïdes et conservation

**Moumouni Koala, Adama Hema, Eloi Palé, Rosella Spina,
François Dupire, Chrétien François, Abdoulaye Sérémé,
Mouhoussine Nacro, Yves Chapleur,
Dominique Laurain-Mattar**

Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie

J. Soc. Ouest-Afr. Chim.(2014), 038 : 42- 49

19^{ème} Année, Décembre 2014



ISSN 0796-6687

Code Chemical Abstracts : JSOCF2
Cote INIST (CNRS France) : <27680>
Site Web: <http://www.soachim.org>

Farine de la Patate Douce à Chair Orange : caractérisation des caroténoïdes et conservation

**Moumouni Koala¹, Adama Hema^{1*}, Eloi Palé¹, Rosella Spina², François Dupire²,
Chrétien Françoise², Abdoulaye Sérémé³, Mouhoussine Nacro¹, Yves Chapleur²,
Dominique Laurain-Mattar²**

¹ *Laboratoire de Chimie Organique et de Physique Appliquées, Département de Chimie, UFR-SEA, Université de Ouagadougou 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

² *UMR 7565 CNRS, Faculté des Sciences et Techniques, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy*

³ *CNRST/IRSAT, Département des substances naturelles, 03 BP 7047 Ouagadougou 03 Burkina Faso*

(Reçu le 15/08/2014 – Accepté après corrections le 25/12/2014)

Résumé : La patate douce à chair orange renferme des caroténoïdes qui sont responsables de sa valeur nutritionnelle et des effets bénéfiques sur la santé des consommateurs. Par un couplage TLC/MS effectué avec le système CAMAG TLC-MS interface, cinq molécules de caroténoïdes telles que le β -carotène, l' α -cryptoxanthine, la β -cryptoxanthine, la lutéine et la zéaxanthine et éventuellement les isomères du β -carotène (α -carotène, ε -carotène, γ -carotène, lycopène) ont été identifiées dans les extraits de la farine de patate douce à chair orange. Les taux de rétention des caroténoïdes totaux sont passés de 84,13% dans les conditions de conservation au congélateur à 27,39% et 26,10% dans les conditions de conservation CMART et CMARS respectivement pendant quatorze semaines. Fortement corrélées ($R=0,94$) aux caroténoïdes totaux, les teneurs en antioxydants totaux sont préservées à 73 % ($P<0,05$) dans les conditions de conservation au congélateur qui sont les plus convenables pour préserver les caroténoïdes des phénomènes de photooxydation. Dans ces conditions, les micronutriments antioxydants responsables de sa valeur nutritionnelle pourraient être préservés jusqu'à 72% pendant six mois de conservation. Ce type de conservation apparaît donc comme une alternative pour les transformatrices confrontées à des difficultés de conservation des tubercules frais.

Mots clés : TLC-MS, réactif de Folin-Ciocalteu, antioxydant, polyphénols

Orange Fleshed Sweet potato flour: characterization of carotenoids and conservation

Abstract : Orange fleshed sweetpotato contains carotenoids that are responsible for its nutritional value and beneficial effects on the health of consumers. By coupling TLC/MS made with CAMAG TLC-MS interface, five molecules of carotenoids such as β -carotene, α -cryptoxanthin, β -cryptoxanthin, lutein, and zeaxanthin and possibly the isomers of β -carotene (α -carotene, ε -carotene, γ -carotene and lycopene) have been identified in extracts of Orange fleshed sweet potato flour. Total carotenoid retention rates are passed from 84.13% under freezer conservation conditions to 27.39% and 26.10% under CMART and CMARS conservation conditions respectively for fourteen weeks. Strongly correlated ($R = 0.94$) to total carotenoids contents, total antioxidant levels are preserved at 73% ($P < 0.05$) in freezer conservation conditions, the most suitable to prevent carotenoids from photooxidation phenomena. In these conditions, antioxidant micronutrients which are responsible of its nutritional value could be preserved up to 72% for six months of storage. This type of conservation thus appears to be an alternative for the transformative facing difficulties of conservation of fresh tubers.

Keys words : TLC-MS, Folin-Ciocalteu Reagent, antioxidant, polyphenols

* **Auteur correspondant :** hemaadama@yahoo.fr

1. Introduction

Les tubercules de patate douce à chair orange (PDCO), du fait de leur grande teneur en eau, sont très hautement périssables dans les conditions tropicales et ont par conséquent une courte durée de conservation^[1;2]. La préservation des aliments par le séchage est l'une des méthodes les plus courantes utilisées dans les pays en développement. La conservation des tubercules frais dans le sol est une autre méthode courante en Afrique au sud du Sahara. Cependant, le séchage permet la conservation en saison sèche et donc permet de consommer la patate douce à travers toute l'année au Burkina Faso où la culture est saisonnière^[3]. La patate douce à chair orange est une culture en promotion au Burkina Faso et la transformation est un maillon stratégique qui pourrait impulser une dynamique de développement de la consommation, de la commercialisation et de la production. Mais la conservation des tubercules frais à travers les différentes chaînes de valeur reste encore problématique^[4]. Cette culture très riche en provitamines A dont certains caroténoïdes, fait de plus son entrée dans la biofortification de farines infantiles par les transformatrices locales. Afin de garantir toute la valeur nutritionnelle de ces farines biofortifiées, il convient de proposer des conditions de conservation de ces produits semi-finis. Le présent travail a consisté à une collaboration entre le Laboratoire de Chimie Organique et de Physique Appliquées et une transformatrice locale « *SEN BE PUGE BE NEERE* » pour identifier des conditions de conservation convenables de la farine de PDCO.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

La farine de PDCO qui fait l'objet de notre étude, provient des tubercules de la variété Jewel. Ils sont récoltés dans la région du centre-ouest du Burkina Faso à environ 140 km de Ouagadougou (Léo). Ces tubercules sont transformés en farine par une unité de transformation des produits agroalimentaires « *SEN BE PUGE BE NEERE* » dans la ville de Ouagadougou.

2.2. Conditions de conservation

Une masse de 200 g de farine de PDCO est conservée en milieu ambiant (laboratoire) dans des récipients transparents (CMART), dans des récipients sombres (CMARS) ainsi qu'au réfrigérateur (CR) et au congélateur (CC). Dix (10) mg de cette farine sont prélevés, extraits et dosés

toutes les deux semaines.

2.3. Extraction

Les extraits au système acétone-eau-acide acétique (70 : 29,5 : 0,5 v/v)^[1;5] ont servi à doser les teneurs en antioxydants totaux (TAO) et les teneurs en polyphénols totaux (TPP). Les extraits au système acétone-hexane (50 : 50 v/v)^[1;6] ont servi à doser les caroténoïdes totaux (CT).

2.4. Identification des caroténoïdes

La CCM sur silice en phase normale a été effectuée en utilisant le système de solvants hexane/acétate d'éthyle (96/4 v/v) comme phase mobile. Un couplage TLC/MS effectué avec le système CAMAG TLC-MS interface au laboratoire de Pharmacognosie de l'Université de Nancy. Le spectromètre de masse utilisé est un microTOF-Q de Bruker en mode ESI positif.

2.5. Teneurs en antioxydants totaux (TAO) :

FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

Dans cette méthode, un sel ferrique, le Fe(III) (TPTZ)₂Cl₃ (TPTZ= 2,4,6-tripyridyl-s-triazine) est utilisé comme oxydant^[7;8]. On mesure l'absorbance de la décoloration en bleue intense à 593 nm avec le lecteur microplaque (spectrophotomètre MP96, SAFAS). Une courbe d'étalonnage est établie en utilisant le Trolox comme antioxydant de référence. Les résultats, déterminés à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage ($y = 28,67x + 0,066$; $R^2 = 0,999$), ont été exprimés en mg d'Equivalent de Trolox (ET) par gramme de matériel végétal. Toutes les mesures sont répétées trois fois.

2.6. Teneurs en polyphénols totaux (TPP) : RFC (réactif de Folin-Ciocalteu)

Les teneurs en polyphénols totaux des extraits sont déterminées en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu (RFC)^[9]. Un volume de 60 µL d'extrait convenablement dilué est mélangé à 60 µL de réactif de Folin-Ciocalteu dilué dix fois. Le mélange est laissé à la température ambiante pendant huit minutes pour permettre la réaction complète du réactif de Folin-Ciocalteu sur les substances oxydables ou sur les phénolates. On y a ajouté ensuite 120 µL de Na₂CO₃ (7,5% dans l'eau) pour neutraliser les réactifs résiduels. Les absorbances des extraits ont été mesurées à 765 nm avec une microplaque en quartz 96 puits (spectrophotomètre MP96, SAFAS) après incubation pendant 30 minutes à 37°C. En utilisant l'acide gallique comme référence, une courbe d'étalonnage est

établie. Les résultats, déterminés à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage ($y = 46,41x + 0,063$; $R^2 = 0,998$), sont exprimés en mg d'Equivalent d'acide gallique (EAG) par gramme de matériel végétal. Toutes les mesures sont répétées trois fois.

2.7. Teneurs en caroténoïdes totaux (CT)

Les teneurs en caroténoïdes totaux des extraits de PDCO sont évaluées suivant la méthode décrite par McMurry et ses collègues^[10;11] mais légèrement modifiée. Après une dilution convenable, les absorbances des extraits gardés à la température ambiante et à l'abri de la lumière, sont lues à 450 nm. Les teneurs en caroténoïdes totaux sont obtenues en rapportant les absorbances des extraits sur une courbe-étalon ($y = 25,56x + 0,016$; $R^2 = 0,999$) établie en utilisant le β -carotène comme standard. Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en Equivalents de β -carotène par gramme d'échantillon. Toutes les mesures sont répétées trois fois.

2.8. Etude statistique

Les expériences sont répétées au moins trois fois et les résultats présentés sont exprimés sous la forme moyenne \pm écart-type calculés au seuil de probabilité inférieur ou égal à 95%. Une analyse de variance (ANOVA) a permis d'apprécier les différences entre les quatre conditions de conservation pour leurs teneurs en antioxydants, en polyphénols et en caroténoïdes totaux en utilisant le logiciel statistique Genstat, édition 14. Des lettres différentes d'une colonne indiquent une différence significative ($P < 0,001$) entre les teneurs en fonction de la durée de conservation.

3. Résultats et discussion

3.2. Identification des caroténoïdes majoritaires présents dans l'extrait de Jewel

Les caroténoïdes de l'extrait de Jewel isolés par la CCM, sont identifiés sur la base des informations combinées obtenues à partir du chromatogramme CCM et du spectre de masse. L'analyse des spectres CCM-MS/MS du spot 1 ($R_f = 0,48$) montre que cette tache est constituée de plusieurs caroténoïdes. En effet, sur le spectre de masse en Electrospray mode positif (ESI⁺), nous observons cinq ions (A, B, C, D et E) à m/z 535,4 [M+H]⁺, m/z 537,4 [M+H]⁺, m/z 551,4 [M+H]⁺, m/z 553,4 [M+H]⁺ et m/z 569,4 [M+H]⁺ suggérant des masses moléculaires de 534, 536, 551, 552 et 568 respectivement (figure 1). Ces masses sont caractéristiques du poids moléculaire de certains

caroténoïdes connus dans la littérature. En analysant les spectres de masse, il ressort qu'outre les pics des ions sus-cités, il existe des pics très intenses. Leur forte intensité traduit leur plus grande stabilité^[12-14]. Aussi, la spectrométrie de masse en tandem (MS/MS) sur chacun des signaux (A, B, C, D et E) a permis de procéder à leur attribution.

Ainsi, le MS/MS sur les pics à m/z 569,4 (E), m/z 553,4 (D), m/z 551,4 (C), m/z 537,4 (B) et m/z 535,4 (A) (figure 1) ne montre aucun fragment secondaire lié à chacun de ces derniers. Ainsi les pics A, B, C et D correspondent à des pics moléculaires. La tache CCM analysée en spectrométrie de masse est donc constituée d'un mélange de caroténoïdes. Ainsi, l'ion moléculaire [M+H]⁺ m/z 569,4 en accord avec la formule brute $C_{40}H_{56}O_2$ correspond à la zéaxanthine tandis l'ion moléculaire [M+H]⁺ m/z 553,4 pourrait correspondre à l' α -cryptoxanthine ou à la β -cryptoxanthine. En effet, la seule différence structurale entre ces deux dernières réside au niveau de la position du groupe hydroxyle et de la double liaison du deuxième noyau de la molécule (tableau I). Le groupement hydroxyle de l' α -cryptoxanthine est allylique donc facile à éliminer par rapport à celui de la β -cryptoxanthine qui est lié à un atome de carbone secondaire voisin des liaisons saturées carbone-carbone. La différenciation entre ces deux molécules (α - et β -cryptoxanthine) se fait par comparaison de l'intensité du pic de l'ion moléculaire m/z 553 (figure 1 et tableau I) à celle de l'ion à m/z 535. Le spectre de masse de l'extrait de Jewel révèle que le pic de l'ion fragment m/z 535 est plus intense (pic A, figure 1) que celui de l'ion moléculaire m/z 553. Ceci confirme la stabilité de l'ion à m/z 535^[14]. Ainsi, dans l'extrait de la farine de la variété Jewel (PDCO), le composé du pic A est identifié comme étant l' α -cryptoxanthine tandis que celui du pic D m/z 553 est la β -cryptoxanthine, la xanthophylle provitamine A la plus couramment rencontrée. Le pic caractéristique à m/z 551,4 est en accord avec la masse calculée à l'aide de la formule brute $C_{40}H_{54}O$ correspond à la lutéine.

L'ion moléculaire à m/z 537,4 [M+H]⁺ (pic B) (figure 1) de formule brute ($C_{40}H_{56}$) pourrait correspondre au bêta-carotène tout comme à l'alpha, au gamma, à l'épsilon-carotène ou au lycopène. Ce signal est de loin le plus abondant par rapport aux autres. De nombreuses études ont montré que dans les tubercules de PDCO, le β -carotène est le caroténoïde le plus abondant^[15-18;19;20]. En effet, il y représente environ 80-90 % des caroténoïdes totaux^[21]. C'est pour cette raison que P.J. van Jaarsveld^[22], dans une récente étude, a indiqué que la substitution des variétés à chair

blanche par les variétés à chair orange (très riches en β -carotène) pourrait sauver plus de 50 millions d'enfants de moins de six ans en Afrique subsaharienne qui sont actuellement sous le risque des maladies associées à la carence en vitamine A [23;24]. Dans la littérature, on a noté la présence de l' α -carotène, du γ -carotène et du lycopène dans certaines variétés de la PDCO mais en très faibles concentrations [17; 25-28]. Ainsi, l'ion moléculaire $[M+H]^+$ m/z 537,4 (pic B) suggère prioritairement le β -carotène puis, le lycopène, l' α -carotène, le γ -carotène, l' ϵ -carotène.

3.3.Évolution des teneurs en caroténoïdes, polyphénols et en antioxydants totaux

La préservation de la qualité nutritionnelle de la farine de patate douce à chair orange (PDCO) dépend des conditions de conservation. En effet, les teneurs en caroténoïdes, polyphénols et en

antioxydants totaux diminuent à des degrés divers avec les conditions de conservation.

L'exposition de la farine de PDCO en milieu ambiant dans des récipients transparents (CMART) pendant trois mois et demi (14 semaines) provoque une réduction considérable d'environ 64% (figure 2) des teneurs en caroténoïdes totaux. Cette réduction est atténuée lorsque la farine est conservée dans le même milieu ambiant mais dans des récipients sombres (CMARS). La lumière et la température sont des facteurs qui influencent la conservation des caroténoïdes dont les structures sont caractérisées par la présence d'une conjugaison de polyènes [29]. En effet, toute perte ou changement de couleur pendant la conservation, peut-être clairement attribué à une dégradation ou à une modification de structure des caroténoïdes [30]. Ces deux facteurs se manifestent soit par une isomérisation soit par une oxydation.

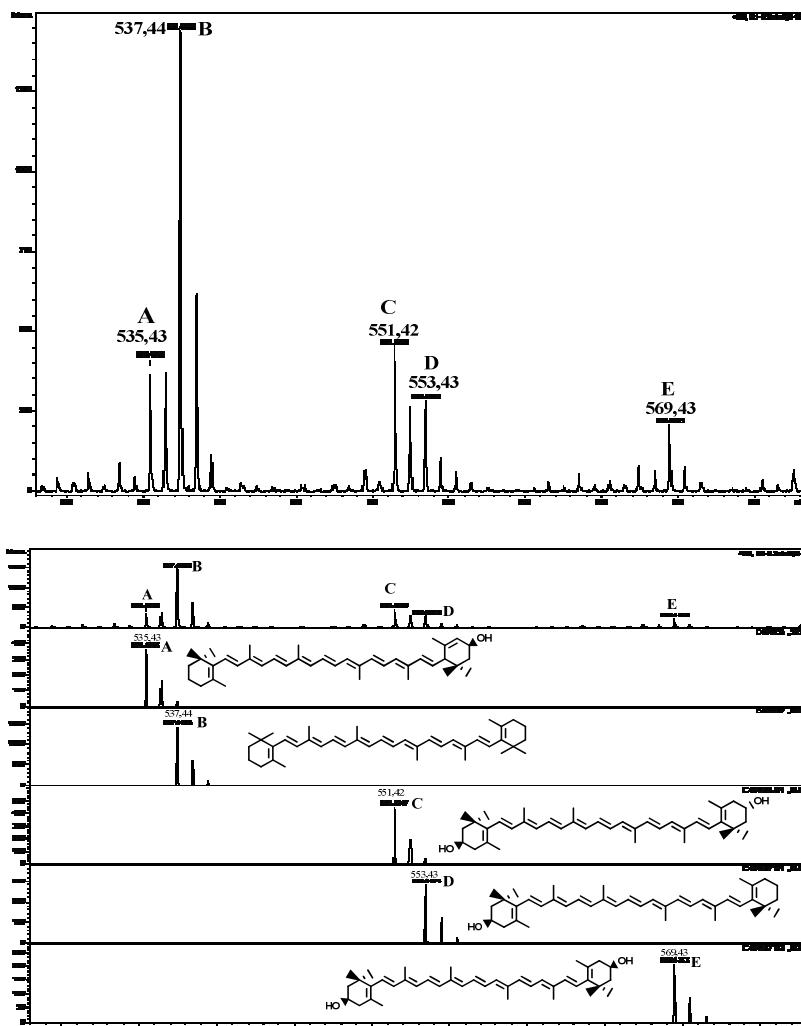
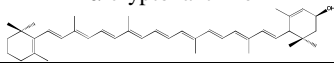
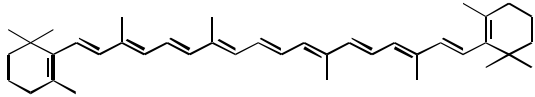
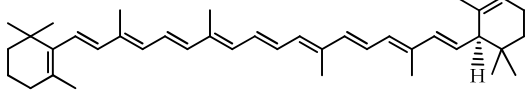
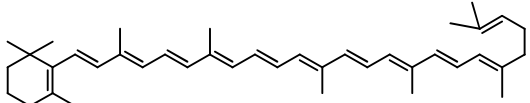
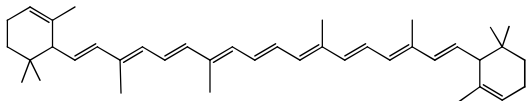
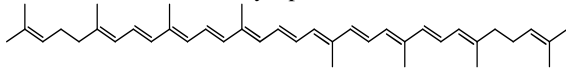
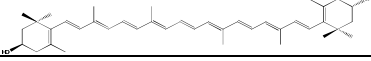
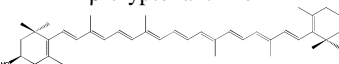
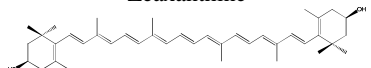


Figure 1 : Spectres de masse des caroténoïdes

Tableau I : Structures de caroténoïdes identifiées

Pics de l'ion moléculaire	m/z [M+H] ⁺	Formule brute	Ions pseudo moléculaires	Structures de caroténoïdes suggérées
A	553,4	C ₄₀ H ₅₆ O	535,4 [M-H-18] ⁺ *	<p>α-cryptoxanthine</p> 
B	537,4	C ₄₀ H ₅₆	-	<p>β-carotène</p> 
				<p>α-carotène</p> 
				<p>γ-carotène</p> 
				<p>ε-carotène</p> 
				<p>Lycopène</p> 
C	569,4	C ₄₀ H ₅₆ O ₂	551,4 [M-H-18] ⁺ *	<p>Lutéine</p> 
D	553,4	C ₄₀ H ₅₆ O	-	<p>β-cryptoxanthine</p> 
E	569,4	C ₄₀ H ₅₆ O ₂	-	<p>Zéaxanthine</p> 

* : le pic pseudomoléculaire plus intense (plus stable)

L'isomérisation conduit à la transformation des trans-caroténoïdes naturels en cis-caroténoïdes et l'oxydation conduit à des apo-béta-caroténals ainsi qu'à des norisoprénoïdes^[31].

De plus, la température du milieu de conservation a un effet sur la préservation de la qualité nutritionnelle de la farine de PDCO. Ainsi, pour les échantillons de farine conservés au réfrigérateur et au congélateur, on observe une rétention de caroténoïdes de 55,71% et 84,13% (figure 2) respectivement contre seulement 27,39% et 26,10% de rétention dans les CMARS et CMARS respectivement. Les pourcentages de rétention dans les conditions de réfrigérateur et du congélateur reflètent les effets combinés de la température et de la lumière. Pour mieux préserver les caroténoïdes totaux (provitamine A), il convient de conserver la farine à l'abri de la lumière et à -4°C.

En revanche, lors de ces 14 semaines, les teneurs en polyphénols ont été très peu affectées lorsqu'on passe du milieu ambiant au congélateur. Il ressort une rétention relative de 71,42% au CMARS, 73,04% au CMARS et environ 75% (figure 3) pour les conservations au réfrigérateur et au congélateur.

Les activités antioxydantes des extraits des échantillons conservés dans ces différentes conditions, seraient dues aux effets combinés des polyphénols, des caroténoïdes et de certains oligoéléments non évalués dans cette étude. Ainsi, les teneurs en antioxydants totaux (TAO) connaissent des variations notables lors de la conservation. En effet, les plus grandes baisses en antioxydants totaux ont été enregistrées pour les échantillons CMARS (environ de 71% de perte) ; un peu moins dans les CMARS et CR. La CC demeure la meilleure condition de conservation pour préserver 73% des antioxydants totaux de la

farine de PDCO (figure 4).

L'analyse statistique par la version 14 du logiciel Genstat révèle que les différences entre les teneurs en polyphénols totaux en fonction des conditions de conservation ne sont pas significatives ($P > 0,05$). En revanche, il existe des différences très significatives ($P < 0,001$) entre les caroténoïdes totaux lors de la conservation de la farine de PDCO dans ces conditions. Ces différences sont assez significatives pour les teneurs en antioxydants totaux. Les teneurs en polyphénols totaux demeurant quasi-constantes en fonction de la condition de conservation, on pourrait affirmer que les activités antioxydantes de la farine de PDCO sont très dépendantes des teneurs en caroténoïdes totaux ; soit un coefficient de corrélation d'environ 94%. Les molécules de caroténoïdes plus ou moins identifiées dans les

extraits de cette farine pourraient être responsables des activités antioxydantes évaluées dans cette étude. Ces molécules sont caractérisées par une forte conjugaison de polyènes (tableau I) qui se prêtent à des réactions d'oxydation et de photo-oxydation.

Dans la pratique, une conservation de la farine aux conditions de température du laboratoire (25°C) préserve les molécules de polyphénols tandis que les caroténoïdes sont drastiquement altérés à une vitesse moyenne de $0,0281 \text{ mg d'EBC/g}$ de farine pour atteindre un faible niveau d'environ 28 % soit une destruction de 72% des caroténoïdes initiaux (Tableau II). Ainsi, la vitesse moyenne de disparition des caroténoïdes décroît du CMART à la CC qui permet de préserver plus de 84% (figure 2) des caroténoïdes totaux.

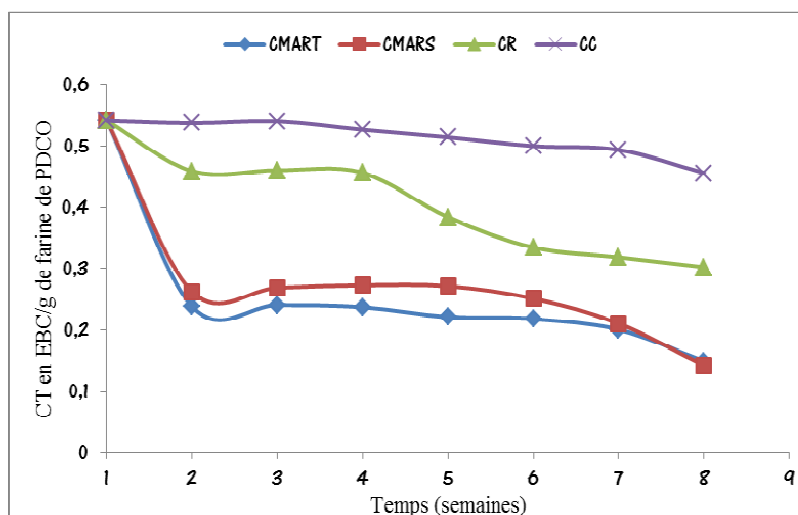


Figure 2 : Évolution des teneurs en caroténoïdes totaux de la PDCO en fonction des conditions de conservation

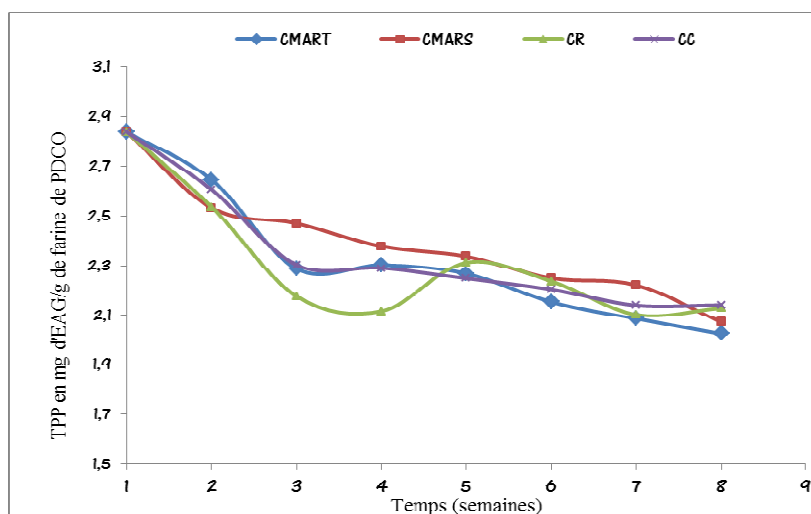


Figure 3 : Évolution des teneurs en polyphénols totaux de la farine de PDCO en fonction des conditions de conservation

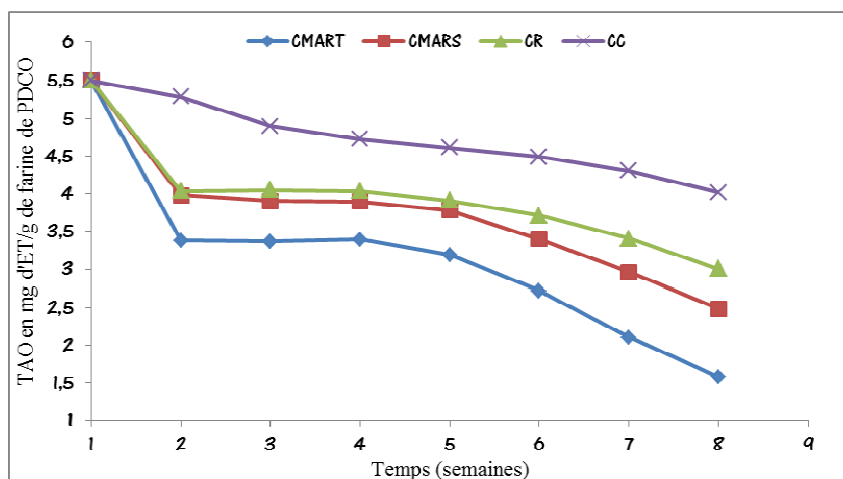


Figure 4 : Évolution des teneurs en antioxydants totaux de la farine de PDCO en fonction des conditions de conservation

Tableau II : Pourcentage de rétention et vitesses moyennes de dégradation des CT, TAO et TPP en fonction des conditions de conservation

Conditions de conservation	CMART	CMARS	CR	CC
Rétention CT (%)	27,39	26,10	55,71	84,13
Rétention TAO (%)	28,74	45,16	54,56	73,08
Rétention TPP (%)	71,42	73,04	75,03	75,48
VMD _{CT} /semaine (mg d'EBC/g de farine)	0,0281	0,0286	0,0171	0,0061
VMD _{TAO} /semaine (mg d'ET/g de farine)	0,2800	0,2155	0,1785	0,1057
VMD _{TPP} /semaine (mg d'EAG/g de farine)	0,0578	0,0546	0,0505	0,0496

4. Conclusion

Pour conserver la qualité nutritionnelle de la farine de PDCO, il convient de la placer à l'abri de la lumière et des fortes élévations de température. Elle se conserve ainsi mieux au congélateur (-4°C) et un peu moins au réfrigérateur. En effet, dans ces conditions, on observe respectivement les meilleurs taux de rétention d'environ 84 % et 55 % de caroténoïdes totaux. Compte tenu de la très haute périssabilité des tubercules frais, la conservation des produits semi-finis de la PDCO apparaît comme une alternative pour rendre disponible la PDCO pendant toute la durée de la saison sèche. Pourvoyeurs de micronutriments provitamine A, ces produits semi-finis de la PDCO entrant dans la biofortification de farines infantiles, peuvent être conservés au congélateur pendant trois mois et demi. Sur la base de la vitesse moyenne de disparition des caroténoïdes totaux (VMD_{CT}/semaine), on peut extrapoler que cette farine pourrait être conservée au congélateur pendant six mois et disposer de près de 72 % de sa valeur nutritionnelle en micronutriments antioxydants.

Remerciements

Les auteurs de ce travail remercient l'Université de Ouagadougou, le Laboratoire de Pharmacognosie de l'Université de Lorraine et « THE McKNIGHT FOUNDATION » pour avoir financé ce travail à travers le projet « Promotion de la patate douce à chair orange pour contrôler la carence en Vitamine A et en Antioxydant au Burkina Faso »

Bibliographie

- [1] Moumouni K, Adama H, Koussao S, Eloi P, Abdoulaye S, Jerome B, Mouhoussine N. Evaluation of Eight Orange Fleshed Sweetpotato (OFSP) Varieties for Their Total Antioxidant, Total Carotenoid and Polyphenolic Contents. Journal of Natural Sciences Research (2013) 3 (4), 67-72.
- [2] Fowler, MH and Stabrawa, AM. A Rapid Appraisal of Sweetpotato Marketing in Uganda. (1992) 253-275 in *Product Development for Root and Tuber Crops Vol III-Africa. Proceedings of the Workshop on Processing, Marketing and Utilisation of Root and Tuber Crops in Africa*, October 26-November 2, 1991 at the International Institute for Tropical Agriculture (IITA) Scott, G.J., Freguson, P.I. and Herrera, J.E. editors. Ibadan, Nigeria.
- [3] Hall A, Bockett G and Nahdy S. *Sweetpotato Postharvest Systems in Uganda: Strategies, Constraints, and Potentials*. International Potato Center Social Science Department Working (1998) Paper No. 1998-7. 81pages.

- [4] Gayathri GN, Platel K, Prakash J and Srinivasan K. Influence of antioxidant spices on the retention of β -carotene in vegetables during domestic cooking processes. *Food Chemistry* (2004) 84, 35-43.
- [5] Asami KD, Yun-Jeong H, Diane MB, and Alyson EM. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *J. Agric. Food Chem.* (2003) 51, 1237-1241.
- [6] Kowalski RE, Mergens WJ, and Scialpi, LJ. Process for manufacture of carotenoid compositions. U.S. patent, (2000) 6, (93), 348.
- [7] Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.* (1996) 239, 70-76.
- [8] Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay. *J. Agric. Food Chem.* (2000) 48, 3396-3402.
- [9] Nihal T, Sedat VY, Ferda S and Gokce P. Effect of Extraction Conditions on Measured Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Molecules*, (2007) 12, 484-496.
- [10] Jun Y, Lingling F, Jian X and Yedan X. Ultrasound-assisted extraction of corn carotenoids in ethanol. *Food Science and Technology*, (2011) 46, 2131-2136.
- [11] McMurry, J. *Organic Chemistry*, Brooks/Cole 7th edition. 2008, P504 chapter 14, California.
- [12] De Rosso VV, Mercadante AZ. Identification and quantification of carotenoids, by HPLC-PDA-MS/MS, from Amazonian fruits. *J Agric Food Chem* (2007) 55, 5062–5072.
- [13] De Rosso VV, Mercadante AZ. HPLC-PDA-MS/MS of anthocyanins and carotenoids from dovyalis and tamarillo fruits. *J Agric Food Chem* (2007) 55, 9135–9141.
- [14] De Faria AF, De Rosso VV, Mercadante AZ. Carotenoid Composition of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), Determined by HPLC-PDA-MS/MS. *Plant Foods Hum Nutr* (2009) 64, 108–115.
- [15] Mark LF, Sagar KT and Jung YK. *In Vitro* Bioaccessibility of β -Carotene in Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas*, Lam.). *J. Agric. Food. Chem.* 2009, 57, 10922-10927.
- [16] Haskell MJ, Jamil KM, Hassan F, Peerson JM, Hossain MI, Fuchs GJ, Brown KH. Daily consumption of Indian spinach (*Basella alba*) or sweet potatoes has a positive effect on total body vitamin A stores in Bangladeshi men. *Am J Clin Nutr.* (2004) 80 (3), 705-14.
- [17] Kapinga, RE, Carey, EE. Present status of sweetpotato breeding for eastern and southern Africa. In D. Rees, Q. Oirschot, & R. Kapinga Edition 2003, Sweetpotato post-harvest assessment: Experiences from East Africa. Chatham, UK: Natural Resources Institute.
- [18] Operia R, Sun P. AVRDC Sweet Potato Research Program, In Improvement of Sweet Potatoes in East Africa: With Some References of Other Tuber and Root Crops: Report, International Potato Centre (1988).
- [19] Keith T, Constance O, Aurelie B, Geoffrey M, Andrew W. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. *Food Chemistry* (2012) 131, 14–21.
- [20] Bechoff A, Westby A, Owori C, Menya, G, Dhuique-Mayer C, Dufour D. Effect of drying and storage on the degradation of carotenoids in orange-fleshed sweet potato varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (2010) 90, 622–629.
- [21] Bengtsson A, Namutebi A, Larsson Alminger M, Svanberg, U. Effects of various traditional processing methods on the all-trans- β -carotene content of orange-fleshed sweetpotato. *Journal of Food Composition and Analysis* (2008) 21, 134–143.
- [22] Low JW, Arimond M, Osman N, Cunguara B, Zano F, Tschirley D. A Food-Based Approach Introducing Orange-Fleshed Sweet Potatoes Increased Vitamin A Intake and Serum Retinol Concentrations in Young Children in Rural Mozambique. *The Journal of Nutrition* (2007) 1320-1327.
- [23] Van Jaarsveld PJ, De Wet M, E. Harmse, PN, Rodriguez-Amaya DB. Retention of β -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. *Journal of Food Composition and Analysis* (2006) 19, 321–329.
- [24] Low J, Walker T, Hijmans, R., The potential impact of orange-fleshed sweet potatoes on vitamin A intake in Sub-Saharan Africa. Paper presented at a regional workshop on food-based approaches to human nutritional deficiencies. The VITAA Project, vitamin A and orange-fleshed sweet potatoes in Sub-Saharan Africa, 9–11 May, 2001 Nairobi, Kenya. Retrieved January 19, 2004 from the World Wide Web: http://www.cipotato.org/vitaa/publications_vitaa.htm.
- [25] Issa TS, Marie-Noël Z, Patrick EK, Mohamed AB, Shawn KB, Hélène D, Pierre IG. Validation d'une méthode de dosage des caroténoïdes par CLHP : application à la détermination de teneur en caroténoïdes dans dix variétés de patates douces (*Ipomoea batata*). *Comptes Rendus Chimie* (2004) 7, 1063–1071.
- [26] Kidmose U, Christensen LP, Agili, SM, Thilsted, SH. Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (2007) 8, 399-406.
- [27] Rodić Z, B. Simonovska AA, Vovk I. Determination of lutein by high-performance thin-layer chromatography using densitometry and screening of major dietary carotenoids in food supplements. *Journal of Chromatography A*, (2012) 1231, 59–65.
- [28] Rodriguez Amaya D.B. and Kimura M. *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis*. Copyright HarvestPlus 2004, Washington.
- [29] Yang WT, Lee JH and Min DB. Quenching Mechanisms and Kinetics of α -Tocopherol and β -Carotene on the Photosensitizing Effect of Synthetic Food Colorant FD & C Red No.3. *J. Food Sci.* (2002), 67 (2), 507-510.
- [30] Rodriguez Amaya DB. *A Guide to Carotenoid Analysis in Food*. ILSI Press 2001, Washington.
- [31] Rodriguez, EB and Rodriguez-Amaya, DB. Formation of apocarotenals and epoxycarotenoids from β -carotene by chemical reactions and by autoxidation in model systems and processed foods. *Food Chemistry* (2007) 101, 563-572.