

## Séchage des mangues par étuvage et au soleil

*Izaora Mwamba, Karl Tshimenga, Daudet Mbabu, Mukuna Conas, and Jean-Noël Mputu Kanyinda*

University of Kinshasa, Faculty of Sciences, Department of Chemistry and Industry, Biochemistry and Food Unit, BP 190 KinXI,  
Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2018 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:** Two drying techniques (solar and oven) were used to dry a variety of commercially mature mango. We have a drying efficiency of 33% for sun dried mango (SDM) versus 26% for oven dried mango (ODM); the relative humidity is  $14.17\% \pm 0.01$  for SDM compared with  $8.25\% \pm 0.01$  for ODM. We observe a decrease in dry matter for SDM compared to ODM. Mango dried in the sun has a high concentration of vitamin B6 and C; in mineral elements (Ca, Mg and Fe). But we also noted the presence of vitamins (A, D and E) after the drying operations. For microbiological parameters, we obtained results meeting the limits set by the ISO 4833 standard which governs the microbiology of the food chain. The method of solar drying in view of the results obtained proves to be the one that boosts the nutritional properties of mango.

**KEYWORDS:** mango, oven, solar dryer, vitamins, proteins.

**RESUME:** Deux techniques de séchage (solaire et étuve) ont été utilisées pour sécher une variété de mangue à maturité commerciale. Nous avons un rendement de séchage de 33% pour la mangue séchée au soleil (MSS) contre 26% pour la mangue séchée à l'étuve (MSE); les humidités relatives sont  $14,17\% \pm 0,01$  pour la MSS contre  $8,25\% \pm 0,01$  pour la MSE. Nous observons une baisse de la matière grasse pour la MSS par rapport à MSE. La MSS a une concentration élevée en vitamine B6 et C ; en éléments minéraux (Ca, Mg et Fe). Mais nous avons noté aussi la présence des vitamines (A, D et E) après les opérations de séchage. Concernant les paramètres microbiologiques, nous avons obtenu des résultats répondant aux limites fixées par la norme ISO 4833 qui régit la microbiologie de la chaîne alimentaire. La méthode de séchage solaire au vu des résultats obtenus s'avère être celle qui booste le plus les propriétés nutritionnelles de la mangue.

**MOTS-CLEFS:** mangue, étuve, séchoir solaire, séchage, vitamines, protéines.

### 1 INTRODUCTION

La mangue, fruit du manguier (*Mangifera indica*), est produite en abondance en Afrique centrale en générale et en République Démocratique du Congo en particulier. Avec une période de récolte relativement courte environ 3 mois par an en raison des régions, sa disponibilité pendant les périodes post récolte se pose avec acuité [1]. Pendant la période de récolte, les quantités de mangues disponibles sur les marchés sont importantes et entraînent des méventes et des pertes post-récolte considérables [2,3].

A température ambiante, une mangue fraîche se conserve moins de 10 jours. Elle supporte mal la congélation et subit des réactions de brunissement lorsqu'elle est réfrigérée pendant une période assez longue. Il se pose de lors un réel souci de conservation de la mangue. Ils existent plusieurs techniques de transformation de la pulpe en jus, confitures, purée, gelées, alcools et vinaigre [4]. En milieu rural, la conservation des jus et confitures se heurtent aux problèmes de réfrigération à cause du manque d'électricité.

Les travaux antérieurs [2] montrent que le séchage de la mangue est une alternative intéressante et pratique en milieu rural. En effet, le séchage est une technique de déshydratation qui permet d'éliminer partiellement ou totalement le liquide

imprégnant un solide. Cette technique assez ancienne est très utilisée de nos jours dans les pays en voie de développement pour la conservation des aliments [5,6,7]. En République Démocratique du Congo, le séchage est facile du fait des conditions favorables d'ensoleillement, de température et d'humidité relative. Le séchage de la mangue apparaît comme une alternative intéressante pour réduire les pertes post récolte [8]. De nombreuses études montrent que la mangue séchée constituerait une des meilleures alternatives à la médication pour combattre et prévenir la déficience en vitamine A en période sèche [8]. Ce travail visait la comparaison de deux méthodes de séchage de la mangue (étuvage et séchoir solaire) afin de dégager la méthode la plus adaptée pour le séchage des mangues en milieu rural.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### LES MANGUES

Les mangues utilisées proviennent du marché local de Masina Pascal un quartier est de la ville de Kinshasa. Les fruits utilisés étaient à maturités commerciale et sans blessures. Les fruits avaient un poids de  $243 \pm 13$  g.

### MATÉRIEL DE SÉCHAGE

L'opération de séchage s'est déroulée dans une étuve de marque BINDER et sur un séchoir solaire (L= 200 cm et l : 180 cm). Ce séchoir solaire est en métal avec des vitres sur 5 faces sur 6, les claies à l'intérieur servent à la réception les échantillons à sécher et le thermomètre incorporé permet de suivre l'évolution de la température. L'échantillon dans le séchoir solaire est isolé du milieu extérieur (mouches, abeilles, poussières...). La température de séchage à l'étuve était fixée à 50°C tandis que dans le séchoir solaire elle variée journalièrement de 22,4°C à 40,7°C.

### MÉTHODES

#### TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les fruits utilisés sont de la variété dites *Kent*, ils sont à maturité commerciale (mangue mûre et entière). Les mangues sélectionnées sont lavées à l'eau potable, égouttées et pesées. Après le pelage et le dénoyautage, elles sont découpées en lamelles.

#### SÉCHAGE DES MANGUES

Les lamelles de mangues sont placées sur les claies de façon à laisser de l'espace entre elles pour faciliter la circulation de l'air. Le séchage est assuré par l'air chaud qui traverse parallèlement les couches des lamelles exposées. La chaleur est transférée aux lamelles de mangues par convection tandis que l'élimination d'eau se fait par entraînement à l'air sec qui entre par le bas et ressort par le haut. Les lamelles sont retournées 3 fois pendant le séchage. Cette opération permet aux lamelles de ne pas coller sur les claies. Les lamelles sont jugées sèches lorsque leurs poids ne varient plus considérablement [10].

#### ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES DES MANGUES

L'humidité relative est déterminée par étuvage à 105°C pendant 24 heures [11]. Le pH de nos échantillons de mangues fraîches et séchées est obtenu à l'aide du pH-mètre. Les cendres totales sont déterminées par calcination dans un four à moufle à 600°C pendant 24 heures [12]. La détermination de la matière grasse est obtenue par extraction au Soxhlet en utilisant l'éther de pétrole. La densité est obtenue avec un densimètre. Les sucres totaux sont déterminés par un réfractomètre de marque Abbé [13]. L'acidité citrique est déterminée par un dosage titrimétrique en utilisant la phénolphthaléine comme indicateur. La vitamine C est déterminée par titrimétrie, les protéines par la méthode Kjeldahl [14]. La vitamine B6 est déterminée par ...tandis que les vitamines A, D et E sont identifiées par spectrométrie. Les éléments minéraux sont déterminés par complexométrie et par spectrométrie par absorption atomique (SAA).

#### ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Les germes mésophiles, osmophiles et fongiques sont respectivement déterminées en utilisant le milieu PCA (plate count agar), PCA osm et Sabouraud chl. Le salmonella, les staphylocoques et les coliformes sont respectivement identifiés en utilisant le milieu Sélénite, Baird Parker et Chromo.

### ANALYSE SENSORIELLE

Les tranches de mangue séchées ont été soumises à l'appréciation de deux ingénieurs chimistes conformément à une fiche sur laquelle sont inscrites les annotations suivantes : odeur, goût et couleur.

### ANALYSE STATISTIQUE

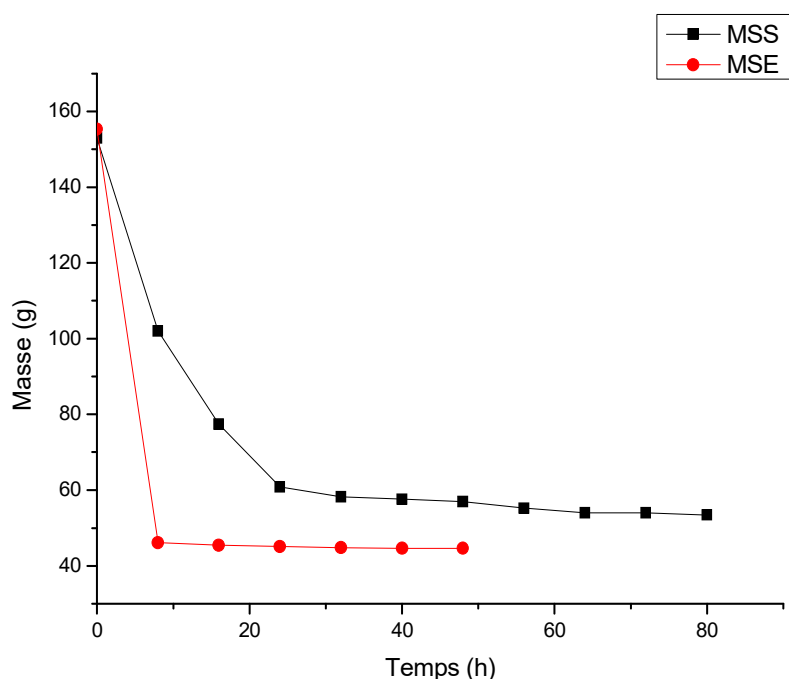
L'analyse de la variance a été utilisée en utilisant le logiciel Origin 8.1 pro [13].

## 3 RÉSULTATS

### DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES, BIOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

#### CINÉTIQUE DE SÉCHAGE

La figure ci-dessous nous donne la cinétique de séchage de la mangue à l'étuve et au séchoir solaire.



**Fig. 1.** La cinétique de séchage de nos mangues séchées au soleil et à l'étuve

Au regard de ce graphique, nous observons que le séchage à l'étuve est beaucoup plus rapide que le séchage solaire vu que la température est fixée et contrôlée dans l'étuve à savoir 50°C. La perte en eau est plus prononcée pendant les 8 premières heures de séchage et après 24 heures, nous avons plus d'évolution du poids. Tandis que pour la mangue séchée au soleil, la perte de l'eau est plus prononcée qu'après 24 heures et cela à cause des variations des températures dans le séchoir entre 20°C et 41°C. Raison pour laquelle le temps d'exposition est plus long que dans l'étuve.

Après les séchages, les échantillons ont été emballés dans des sachets en polyéthylène thermo-soudés et étiquetés puis stockés à température ambiante pendant 90 jours. Après 90 jours, une évaluation de l'efficacité de ces deux méthodes de séchage a été effectuée en comparant les caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques des mangues séchées. Dans l'ensemble il n'y a pas des changements significatifs pour nos deux échantillons. Le seul changement marqué est observé sur la mangue séchée au soleil qui présente une contamination fongique après 90 jours.

## ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES

Les résultats des analyses physico-chimiques et biochimiques des mangues analysées sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1. Résultats d'analyses physico-chimiques et biochimique**

Paramètres étudiés	Echantillons		
	Mangue fraîche	Mangue séchée à l'étuve	Mangue séchée au soleil
Rendement du séchage %		26	33
Humidité %	88,26±0,01	8,25±0,01	14,17±0,01
Cendres %	2,63±0,14	2,21±0,02	1,59±0,04
Matière grasse %	2,46±0,01	2,58±0,02	1,66±0,02
Densité	1,08±0,01	0,78±0,01	0,89±0,01
Sucres totaux °brix	68,52±0,01	52,02±0,01	22,36±0,01
pH	3,71±0,01	3,09±0,01	4,11±0,01
Acidité citrique %	0,86±0,03	1,65±0,01	2,65±0,01
Protéine brute %	0,86±0,04	1,65±0,01	2,65±0,03

Ce tableau donne les résultats des analyses effectuées sur nos échantillons de mangue. Nous observons que la mangue séchée à l'étuve a une humidité relative assez faible de 8,25% comparée à la mangue séchée au soleil qui est de 14,17%. Ceci s'explique par la température qui est contrôlée dans l'étuve qu'au soleil. Ces valeurs sont meilleures que celles trouvées par Kameni A. *et al* 2002 (environ 15%). Concernant la teneur en cendre, le séchage solaire donne une valeur de 1,59% inférieure par rapport à 2,21% trouvée pour le séchage à l'étuve qui est proche de celle trouvée par Millogo (2,32%) [15]. La mangue étant pauvre en matière grasse, avons 2,46% pour la mangue fraîche, 2,58% pour la mangue séchée à l'étuve et 1,66% pour la mangue séchée au soleil. Nos résultats sont meilleurs que ceux trouvés par Sawadogo H. 2001.

Concernant la densité, la mangue séchée au soleil a une valeur supérieure à celle de la mangue séchée à l'étuve soit 0,89 contre 0,78. Notre variété de mangue étant riche en sucre 68,52° brix, après séchage à l'étuve nous avons 52,02° brix contre 22,36° au soleil. Cette différence des valeurs est due au temps d'exposition au soleil et aux réactions de brunissement non enzymatique principalement la réaction de Maillard. Le pH et l'acidité titrable de la mangue séchée au soleil sont faibles comparés à la mangue séchée à l'étuve. La mangue fraîche est plus acide que celles séchées au soleil et à l'étuve. Cette acidité a un effet bénéfique sur la conservation car elle inhibe la prolifération des microorganismes. Les protéines ont été déterminées par la méthode Kjeldahl, la mangue séchée à l'étuve a un taux de 1,65% contre 2,65% pour celle séchée au soleil. L'effet bénéfique du séchage est montré par une augmentation du taux de pourcentage dans les échantillons des mangues séchés comparés à celui de la mangue fraîche qui est de 0,86%.

Les analyses des vitamines sont reprises dans les tableaux 2 et 3. Seules les vitamines hydrosolubles ont été dosées dans ce travail.

**Tableau 2. Concentration en vitamine C et B6**

Echantillons	Vitamine C (mg/100ml)	Vitamine B6 (mg/100ml)
Mangue fraîche	100,8±0,30	22,2±0,01
Mangue séchée à l'étuve	64,8±0,20	139,5±0,43
Mangue séchée au soleil	205,4±0,10	69,7±0,12

Nous observons que la mangue séchée au soleil a une concentration plus élevée en vitamine C 205,4 mg/100ml que celle séchée à l'étuve 64,8 mg/100ml, par contre la concentration en vitamine B6 de la mangue séchée au soleil est 69,7 mg/100ml ce qui est largement inférieure à celle de la mangue séchée à l'étuve 139,5 mg/100ml. Ceci se justifie notamment pour la vitamine C par les réactions de Maillard qui la dégradent selon que les conditions sont favorables ou non. Ainsi, nous constatons que le séchage à l'étuve favorise ces réactions.

## IDENTIFICATION DES VITAMINES A, D ET E

Le tableau ci-dessous donne les résultats des vitamines identifiées dans nos échantillons de mangue.

Tableau 3. Identification des vitamines

Echantillons	Vitamine A, D et E
Mangue fraîche	+
Mangue séchée à l'étuve	+
Mangue séchée au soleil	+

Nous avons identifié les vitamines A, D et E dans nos échantillons de mangue séchés. Au regard de ce résultat positif, nous pouvons dire que le séchage n'affecte pas les différentes vitamines identifiables de nos échantillons des mangues.

#### DOSAGE DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Le tableau 4, donne les concentrations de certains minéraux (Ca, Fe et Mg) de nos échantillons des mangues analysés.

Tableau 4. Concentrations en éléments minéraux de nos échantillons des mangues analysés

Echantillons	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	Mg <sup>++</sup> (mg/L)	Fe (mg/L)
Mangue fraîche	9,74±0,06	10,66±0,04	1,066±0,06
Mangue séchée à l'étuve	9,08±0,01	10,70±0,02	0,116±0,14
Mangue séchée au soleil	11±0,14	10,64±0,04	0,08±0,04

La concentration en magnésium est quasi identique pour les deux modes de séchage 10,70 mg/L pour la mangue séchée à l'étuve contre 10,64 mg/L pour celle séchée au soleil. La concentration en Ca est supérieure au soleil 11 mg/L contre 9 mg/L à l'étuve. Quant à la concentration en fer, nous avons une concentration de 0,11 mg/L à l'étuve contre 0,08 mg/L au soleil. La concentration en fer est plus élevée après le séchage à l'étuve comme l'a démontré Sawadogo H. *et al.* 2001 qui avait trouvé une valeur moyenne comprise entre 7 et 20 mg/100g de fer.

#### ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

##### MANGUES SÉCHÉES À L'ÉTUVE ET AU SOLEIL

Le tableau 5 nous donne les résultats des analyses microbiologiques de nos échantillons de mangue séchés à l'étuve et au soleil. Pour les cultures positives (PCA et PCA Osm) les germes trouvés sont les *coccobacilles* et les *bacilles sporulés* qui sont de bactéries à Gram positives.

Tableau 5. Résultats des analyses microbiologiques des mangues séchées à l'étuve et au soleil.

Germes	Limite maximale	MSS	MSE	Milieu de culture
Germes mésophiles	5.10 <sup>5</sup>	8.10 <sup>3</sup>	0	PCA
Germes osmophiles	5.10 <sup>5</sup>	8.10 <sup>3</sup>	0	PCA osm
Germes fongiques	5.10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	7.10 <sup>3</sup>	0	Sabouraud chl.
Salmonella	Absence	0	0	Sélénite
Staphylocoques	10 <sup>2</sup>	0	0	Baird Parker
Coliformes	10 <sup>3</sup>	0	0	Chromo

Légende : MSS : mangue séchée au soleil ; MSE : mangue séchée à l'étuve.

Au regard de ces résultats microbiologiques, nous pouvons dire que suivant la norme ISO 4833 qui régit la microbiologie de la chaîne alimentaire, la mangue séchée à l'étuve est exempte de toute contamination car aucun germe n'a été détecté après séchage et après 3 mois de stockage à température ambiante. Par contre, concernant la mangue séchée au soleil, les résultats sont conformes à la norme ISO 4833 à l'exception des germes fongiques dont la valeur dépasse la limite maximale.

##### ANALYSE SENSORIELLE DES MANGUES SÉCHÉES À L'ÉTUVE ET AU SOLEIL

Les résultats des analyses organoleptiques sont consignés dans le tableau 6

Tableau 6. Résultats des analyses sensorielles des mangues séchées à l'étuve et au soleil

Echantillon	Odeur	Goût	Couleur	Texture
MSE	Mangue fraîche	Sucré-acidulé	Brune	Flexible Peu collant, assez sec
MSS	Mangue fraîche	Sucré-acidulé	Jaune-brun	Flexible Peu collant, assez sec

**Jaune-brun** : signifie que dans l'emballage il y a plus de lamelles jaunes que brunes.

**Sucré-acidulé** : on perçoit plus le goût sucré que le goût acide.

Le tableau ci-dessus nous donne les résultats de l'analyse organoleptique effectuée sur nos échantillons des mangues. Un panel de onze dégustateurs composés des collègues et employés du laboratoire de l'OCC était mis sur pied pour les appréciations. Au regard de ce tableau, nous pouvons dire que du point de vue odeur, goût et texture il n'y a pas des différences entre l'échantillon séché à l'étuve et celui séché au soleil. La seule différence observée c'est au niveau de la couleur, elle est brune pour l'échantillon séché au soleil ; cette coloration brune est probablement dite à la réaction de brunissement non enzymatique suite à la chaleur.

#### 4 CONCLUSION

Le séchage solaire des mangues est possible et donne des résultats acceptables comparés aux résultats de la mangue séchée à l'étuve où la température est contrôlée. Du point de vue physico-chimique et biochimique, le séchage solaire de la mangue booste un certain nombre d'éléments nutritifs que nous rencontrons dans la mangue fraîche notamment les vitamines, les minéraux, les protéines etc. Concernant l'aspect microbiologique, la mangue séchée à l'étuve est plus stable après 90 jours de stockage à température ambiante et exempt des contaminations tandis que la mangue séchée au soleil montre une contamination des germes fongiques après 90 jours de stockage. Cette dernière est due aux conditions de transport et conservation. Eu égard tout ce qui précède, hormis la contamination fongique que nous pouvons corriger, nous avançons que le séchage solaire de la mangue a un effet bénéfique pour la santé humaine. Cette technologie de séchage solaire est transférable aux paysans pour réduire les pertes post-récolte et booster leurs économies.

## REFERENCES

- [1] Tounkara, L.S, Cheik, B., Cissé N., Laurent L. and Diop A., Réduction des pertes post-récolte de la mangue par la production de vinaigre. Institut de technologie Alimentaire, Université de Liège, Centre Wallon de Technologie Alimentaire. CWBI, 8p, 2011
- [2] Kameni A., Mbofung C.M., Ngnamtam Z., Doassem J. and Hamadou L.: Aptitude au séchage de quelques variétés de mangue cultivées au Cameroun : Amélie, Zill, Irwin et Horé Wandou. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun
- [3] Louis Ban Koffi, Répertoire de technologies et procédés de transformation de la mangue et de l'ananas, FAO, Rome, Italie, 2008.
- [4] Sawadogo G.H. and Traore A.S. chemical composition and nutritional value of burkina faso amélie mango (*Mangifera indica* L.) J. Sci.Vol. 2, N° 1 (2001) 35 - 39
- [5] Ferradji A., Goudjal Y. and Malek A. Séchage du raisin de variété Sultanine par un séchoir solaire à convection forcée et un séchoir de type coquillage. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008) 177-185
- [6] Touzi A and Merzaia-Blama A. 2008 : La conservation des denrées agro-alimentaires par séchage dans les régions sahariennes. Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger (2008) 267-272
- [7] Bahloul1 F., Tiaiba A. and Slamani A. Etude des différentes méthodes de séchage d'abricot, point sur les méthodes de séchage traditionnelles dans la région du Hodna, wilaya de M'Sila
- [8] Boulemtafes 2014 : Le séchage solaire des produits agricoles. Recherche et Développement. Alger. Inédit.
- [9] A. Boulemtafes. Energy and Exergy analysis of the solar drying process of Mint 1st Conference & Exhibition Impact of Integrated Clean Energy on the Future of the Mediterranean, Beirut Lebanon, April 14th -16th 2011
- [10] FAO (1), 2005 Major food and agricultural commodities and producer. Fao Rome.
- [11] Official Methods of Analysis of AOAC International, 18<sup>th</sup> edition, 2005, Current Through revision 2007.
- [12] Motsara M.R and Roy N.R , Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis, FAO,Rome, Italie, 219p, 2005
- [13] Mbungu C., Tshimenga K., Nsambu P., Mputu C., Muwawa J. and Mputu J-N. 2016 : Microbiological Quality, Biochemical and Physical-Chemical characteristics of artisanal vinegar based piers mangoes. International Journal of Innovation and Applied Studies, 17 : 947-953
- [14] AFNOR, Determination of total nitrogen content and calculation of the protein content, 2006.
- [15] Millogo Dè Pierre Damien., (2011). Caractérisation physico-chimique de la mangue séchée Biologique (variété Amélie), Burkina Faso, 54p, pdf