

Influence de la température et de la durée du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'agbélima, un produit dérivé du manioc

Micheline AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO^{1*}, Mèdecè Romaine CAPO-CHICHI¹, Eléonore LADEKAN², Antoinette ADJAGODO¹, Gyraud Donwahoué HOUANSOU¹ et Clément AGBANGLA¹

¹ Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire des Normes et de Contrôle de Qualité Microbiologique, Nutritionnelle et Pharmacologique (LNCQ^{MNP}), 01 BP 1636 RP, Cotonou, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, 01 BP 526, Cotonou, Bénin

* Correspondance, courriel : tchibowo@yahoo.fr

Résumé

Agbélima est un dérivé de manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae). Il sert à préparer une pâte appelée agbéli au Sud-Bénin. Cependant, sa forte teneur en eau et sa fermentation rapide par les flores épiphytes limitent sa durée de conservation. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence de la température et de la durée du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'agbélima. Agbélima séché a été mis au point à partir d'agbélima frais soumis à un séchage à 60°C/6 heures à l'étuve Mermet. Les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du produit séché ont été ensuite déterminées et comparées à celles du produit frais. Les résultats issus des analyses physico-chimiques et microbiologiques montrent que le séchage a entraîné une réduction de la teneur en eau de l'ordre de 37,62 % et des minéraux (potassium (-15,10 %); phosphore (-28,62 %) ; magnésium (-32,60 %) et calcium (-18,37 %) par rapport à ceux d'agbélima frais. Cependant, agbélima séché répond aux critères microbiologiques avec l'absence des Coliformes, des Staphylocoques et des Salmonelles, ce qui dénote une meilleure qualité microbiologique d'agbélima séché. Ainsi, la méthode de conservation d'agbélima par séchage est l'une des alternatives pour son amélioration, afin de limiter les pertes post-production.

Mots-clés : manioc, agbélima, séchage, qualité, Bénin.

Abstract

Influence of temperature and drying time on the physico-chemical and microbiological characteristics of agbelima, a product derived from cassava

Agbelima is a product derived from cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae). It is used to prepare a paste called agbéli in South Benin. However, its high water content and rapid fermentation by epiphytic flora limit its preservation time. The aim of this study is to evaluate the influence of temperature and drying time on the physico-chemical and microbiological characteristics of agbelima. Dried agbélima was developed from fresh agbélima subjected to drying at 60°C/6 hours in the Mermet oven. The physico-chemical and microbiological characteristics of the dried product were then determined and compared those of the fresh product. The results of the physico-chemical and microbiological analyses show that the drying process

caused the decrease of 37.62 % in water content and minerals (potassium (-15.10 %); phosphorus (-28.62 %); magnesium (-32.60 %) and calcium (-18.37 %) compared to fresh agbelima. However, dried agbélíma meets the microbiological criteria with the absence of Coliforms, Staphylococci and *Salmonella*, which indicates a better microbiological quality of dried agbélíma. Thus, the method of preserving agbélíma by drying is one of the alternatives for its improvement, in order to limit post-production losses.

Keywords : *cassava, agbelima, drying, quality, Benin.*

1. Introduction

Manihot esculenta Crantz ou manioc est une espèce végétale de la famille des Euphorbiaceae qui produit des racines tubéreuses à haute valeur énergétique utilisées dans plusieurs domaines, notamment en alimentation humaine et animale [1]. Avec une production mondiale de l'ordre de 250 millions de tonnes, il se classe sur le plan mondial au cinquième rang des productions végétales alimentaires après le maïs, le riz, le blé et la pomme de terre [2]. Les racines de manioc constituent une source d'énergie pour les populations des pays en voie de développement [3]. Pour limiter les pertes dues à sa détérioration physiologique après récolte, plusieurs technologies de transformation alimentaire existent et conduisent à divers produits dérivés de manioc. Le manioc est transformé en placali [4, 5], en gari [6], en attiéké [7 - 9], en cossettes [10], en chikwangué [11], en agbélíma [12], etc. Agbélíma, l'un des produits dérivés du manioc sert à préparer une pâte communément appelée agbéli. Aujourd'hui, cet aliment occupe une place de choix dans les habitudes alimentaires d'une partie importante de la société béninoise. Cependant, la forte teneur en eau et la fermentation rapide d'agbélíma par les flores épiphytes [13], altèrent rapidement le produit, limitent sa durée de conservation, son exportation et conduisent à de multiples formes d'altération. Ces formes d'altération sont représentées par le changement de la couleur, la production d'asticots, la présence de Moisissures et l'émission d'odeurs désagréables. Ce qui occasionne des pertes pour les commerçant(s) (es) et les producteur(s) (trices). Dans le but de résoudre ces multiples problèmes post-production, le produit agbélíma a été stabilisé par la méthode de séchage en variant la température et le temps. L'agbélíma sec obtenu se reconstitue facilement par addition d'eau pour préparer la pâte d'agbéli. Plusieurs travaux sur agbélíma ont été effectués, notamment sur la production [14] et la qualité microbiologique d'agbélíma [15], sur l'évolution des flores d'altération et des pathogènes au cours de la fermentation [13]. Cependant, l'influence du séchage sur la qualité d'agbélíma n'a pas été abordée. Par conséquent, cette étude a pour objectif d'évaluer les effets du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'agbélíma.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Le matériel d'étude est constitué des échantillons d'agbélíma frais et d'agbélíma séché produits dans des conditions hygiéniques. L'étude a été réalisée sur six (06) échantillons d'agbélíma frais et séché.

2-2. Méthodes

2-2-1. Production d'agbélíma frais

Des racines fraîches de manioc ont servi à produire de la mouture fine d'agbélíma en appliquant le règlement 852 du paquet hygiène de 2004, fixant les dispositions générales d'hygiène pour tous les exploitants du secteur alimentaire ; puis en s'appuyant sur le contenu des textes définissant les grands

principes de la maîtrise de l'hygiène des aliments sous l'égide de la Commission du *Codex Alimentarius*. La production d'agbélima frais a été codée Pf puis soumise à une fermentation pendant 48 heures avant d'être divisée en plusieurs lots ; il s'agit de Pf1, Pf2, Pf3 et Pf4.

2-2-2. Production d'agbélima séché et rendement

Le séchage est la méthode choisie pour la stabilisation d'agbélima frais. Elle a été réalisée en fonction du couple durée /température de séchage. Cinq kilogrammes (5 kg) d'agbélima frais précédemment produit et fermenté pendant 48 heures, codés Pf4 a été soumis à un séchage à 60°C/6 heures à l'étuve Mermet (**Figure 1**). Ensuite, tout juste après l'étape de séchage, le produit Pf4 séché hygiéniquement a été divisé en 3 lots (Ps1 ; Ps2 et Ps3) pour les trois (03) essais. Les productions sèches pulvérisées ont été conservées dans des sachets alimentaires pour les différents tests. Le rendement du séchage a été calculé par la moyenne de trois (03) essais. Des prélèvements aseptiques des différents échantillons frais et séchés ou pulvérisés ont été effectués, le contrôle unitaire de la qualité physico-chimique et microbiologique de chaque produit séché a été réalisé.



Figure 1 : Photo montrant le séchage d'agbélima frais en étuve

2-2-3. Analyses physico-chimiques des échantillons d'agbélima frais et séché

Pour ces analyses, la teneur en eau, l'acidité titrable et le pH ont été déterminés. De même, les teneurs en éléments minéraux nutritifs tels que le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le phosphore (P) ont été dosées dans les échantillons d'agbélima frais (Pf1 ; Pf2 ; Pf3) et ceux séchés obtenus sous forme pulvérisée (Ps1 ; Ps2 ; Ps3). La teneur en eau a été déterminée par séchage à 105°C pendant 24 heures afin d'obtenir un poids constant [16]. L'acidité titrable a été dosée en titrant l'acidité de l'échantillon avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH), de normalité 0,1N, en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré [16]. Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre de type HI 9321 Bioblock Scientific. Les éléments minéraux nutritifs tels que le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le phosphore (P) ont été dosés suivant une méthode déjà rapportée [17].

2-2-4. Analyses microbiologiques des échantillons d'agbélima frais et séché

Les analyses microbiologiques ont été réalisées sur les échantillons d'agbélima frais et séché conformément à la norme [18], portant règles générales pour les examens microbiologiques. Les différents paramètres recherchés sont : la Flore Mésophile Totale (FMT), la Flore Lactique (FL), les Coliformes totaux, *Staphylococcus aureus*, les Levures et Moisissures (LM), les Anaérobies Sulfite Réducteurs (ASR) et les Salmonelles (**Tableau 1**). Avant de passer à l'ensemencement, les suspensions mères ont été préparées. Les dilutions successives ont été obtenues en mettant 1 ml de la dilution précédente dans 9 ml de diluant au fur et à mesure des essais.

Tableau 1 : Méthodes de recherche et de dénombrement des microflores bactériennes et fongiques

| Germes recherchés et méthodes utilisées | | Types d'ensemencement | Milieux de culture | Conditions de culture |
|---|--------------------|--|---|---|
| FMT [19] | | 1 ml dans la masse | Gélose PCA | 48H ± 2 à 30°C |
| Coliformes totaux NB [20] | | 1 ml dans la masse | Violet Red Bile Lactose Agar | 24H ± 2 à 30°C |
| Levures et Moisissures [21] | | 0,1 ml en surface | Potato Dextrose Agar | 5 jours à 25° C |
| <i>Staphylococcus aureus</i> [22] | | 0,1 ml en surface | Baird Parker complet | 48H ± 2 à 37°C |
| Anaérobie Sulfite Réducteur (ASR) | | 1 ml en profondeur (tube) | Tryptone-Sulfite-Néomycine (TSN) | 18-24 H à 37°C |
| La Flore Lactique [23] | | 1 ml dans la masse (double couche) | MRS | 24-48H à 37°C |
| Salmonelles | Pré-enrichissement | 25 g d'échantillon + 225 g d'EPT | Eau Peptonnée tamponnée (EPT) | 18H ± 2 à 37°C |
| | Enrichissement | 0,1 ml de pré enrichissement dans le bouillon RV et 2ml dans BSC | Bouillon Rappaport (RV) et Bouillon au Sélénite Cystine (BSC) | RV 24H ± 2 à 41°C BSC 24H ± 2 à 37°C |
| | Isolement | Étalement en surface d'une ose de chaque bouillon sur une boîte de chaque milieu d'isolement | gélose Salmonella/Shigella (SS) gélose Hektoen | L'ensemble 24H ± 2 à 37°C |

Les colonies de Moisissures sous forme poudreuse ont été isolées en culture pure par repiquage sur gélose Potato Dextrose Agar (PDA) pendant 2 à 6 jours d'incubation à 30°C et 25°C. Les caractères microscopiques ont été observés par le prélèvement d'un fragment mycélien à l'aide d'une anse de platine stérile qui a été déposé sur une lame portant une goutte de lactophénol au bleu coton [24]. Les colonies ont été observées avec un microscope optique au grossissement × 100 avec huile à immersion.

2-2-5. Détermination de l'influence du séchage sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques

Pour l'évaluation de l'influence du séchage, le pourcentage de différence a été calculé suivant l'Équation (1):

$$\% \text{ de différence} = \frac{T_{ps} \text{ ou } C_{ps} - T_{pf} \text{ ou } C_{pf}}{T_{pf} \text{ ou } C_{pf}} \times 100 \quad (1)$$

Tps = Teneur en eau ou en minéraux du produit séché ; *Tpf* = Teneur en eau ou en minéraux du produit frais ;
Cps = Charge en microorganismes du produit séché ; *Cpf* = Charge en microorganismes du produit frais

2-2-6. Détermination de la corrélation entre les paramètres des différents échantillons

Pour mieux interpréter les données issues des analyses physico-chimiques et microbiologiques des échantillons frais et séchés, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été faite. Cette Analyse en Composantes Principales permet d'identifier les facteurs (paramètres physico-chimiques et microbiologiques) qui ont le plus contribué à la construction des composants principaux, afin de décrire les relations entre les échantillons frais et séchés.

3. Résultats

3-1. Rendement en agbélima séché

Les cinq (05) kg d'agbélima frais des trois (03) essais ont conduit à 3 kg d'agbélima sec. Le rendement de la production par rapport au produit frais est de 60 %. Le produit séché est conditionné dans des sachets en polyéthylène transparente basse densité (BD) de 160 μm d'épaisseur (*Figure 2*).

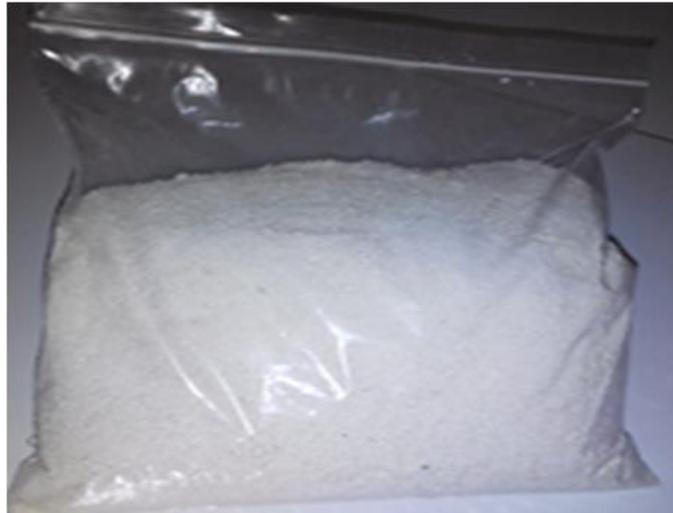


Figure 2 : Photo montrant un sachet d'agbélima séché

3-2. Composition physico-chimique des échantillons d'agbélima frais et séché

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'agbélima frais et séché sont consignés dans le **Tableau 2**. Par rapport à la détermination de la teneur en eau des produits, il ressort des résultats obtenus que les échantillons d'agbélima frais présentent une teneur moyenne en eau de $48,67 \pm 0,4$ %. Après le séchage, cette teneur chute à $11,05 \pm 0,06$ %. Le pH moyen des échantillons d'agbélima frais est de $3,94 \pm 0,05$ et celui des échantillons d'agbélima séchés est de $4,53 \pm 0,06$. Quant aux pourcentages d'acidité titrable, ils sont de $2,53 \pm 0,12$ pour agbélima frais et $1,91 \pm 0,13$ pour le produit séché. Les résultats du dosage des minéraux dans les échantillons d'agbélima frais et séché montrent la présence du calcium, du magnésium, du potassium et du phosphore. Parmi les quatre minéraux, le plus concentré est le potassium suivi du phosphore. Les teneurs moyennes les plus élevées de ces quatre minéraux se retrouvent dans les produits frais. Les teneurs moyennes en potassium sont de $2866 \pm 49,51$ mg/kg dans agbélima frais et de $2433 \pm 98,73$ mg/kg dans celui séché. Quant aux teneurs moyennes en phosphore, elles sont de $804,67 \pm 15,50$ mg/kg dans agbélima frais et $574,33 \pm 69,79$ mg/kg dans le produit séché. Concernant le magnésium et le calcium, les teneurs moyennes sont respectivement de $594 \pm 7,21$ mg/kg et de $430 \pm 22,91$ mg/kg dans le produit frais, de $400,33 \pm 10,60$ mg/kg et $351 \pm 5,57$ mg/kg dans le produit séché. Les résultats obtenus montrent que le séchage provoque la réduction de la teneur en eau, du pourcentage d'acidité titrable et des minéraux contenus dans agbélima frais et une augmentation du pH (*Tableau 2*).

Tableau 2 : Composition physico-chimique d'agbélima frais et séché

| Produits | Pf 1 | Pf 2 | Pf 3 | Moyenne Produit frais | Ps 1 | Ps 2 | Ps 3 | Moyenne Produit séché | Influence du séchage (% de différence) |
|----------------------|------|------|------|--------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|--|
| Teneur en eau (%) | 48,6 | 48,3 | 49,1 | 48,67 ± 0,40 | 11,02 | 11,01 | 11,11 | 11,05 ± 0,06 | -37,62 |
| pH | 3,92 | 4 | 3,91 | 3,94 ± 0,05 | 4,5 | 4,5 | 4,6 | 4,53 ± 0,06 | +0,15 |
| Acidité titrable (%) | 2,45 | 2,48 | 2,67 | 2,53 ± 0,12 | 1,83 | 1,84 | 2,06 | 1,91 ± 0,13 | -0,62 |
| Potassium (mg/kg MS) | 2825 | 2852 | 2921 | 2866 ± 49,51 | 2322 | 2466 | 2511 | 2433 ± 98,73 | -15,10 |
| Phosphore (mg/kg MS) | 820 | 805 | 789 | 804,67 ± 15,50 | 654 | 524 | 545 | 574,33 ± 69,79 | -28,62 |
| Magnésium (mg/kg MS) | 602 | 592 | 588 | 594 ± 7,21 | 410 | 402 | 389 | 400,33 ± 10,60 | -32,60 |
| Calcium (mg/kg MS) | 425 | 455 | 410 | 430 ± 22,91 | 352 | 345 | 356 | 351 ± 5,57 | -18,37 |

Note : Pf = Produit frais ; Ps = Produit séché

A cet effet, les valeurs de la teneur en eau, du pH, du pourcentage d'acidité titrable et celle en minéraux des échantillons varient suivant la forme du produit. Ainsi, l'influence du séchage a été notée par la réduction de la teneur en eau de 37,62 %, de l'acidité titrable de 0,62 % et des minéraux (15,10 % de potassium, 28,62 % de phosphore, 32,60 % de magnésium et 18,37 % de calcium) par rapport au produit frais et une augmentation de 0,15 % pour le pH. La plus grande perte a été enregistrée au niveau du magnésium.

3-3. Qualité microbiologique des échantillons d'agbélima frais et séché

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons des produits frais et séchés montrent que les charges des microorganismes recherchés dans agbélima frais ont connu une réduction voire une disparition totale dans les produits séchés (**Tableau 3**). La charge moyenne en Flore Mésophile Totale d'agbélima frais ($3 \pm 0,5 \cdot 10^6$ UFC/g) passe à $4,3 \pm 1,08 \cdot 10^3$ UFC/g pour agbélima séché, soit une réduction de 99,98 %. La charge moyenne de la Flore Lactique dans agbélima frais est de $2,48 \pm 0,55 \cdot 10^6$ UFC/g. Cette charge diminue pour atteindre $2,67 \pm 1,04 \cdot 10^2$ UFC/g dans agbélima séché, soit une réduction de 99,99 %. Les charges moyennes en Levures ($5,25 \pm 1,05 \cdot 10^5$ UFC/g) passent à 12 ± 3 UFC/g pour agbélima séché, soit une réduction de 99,99 %. La charge moyenne des Moisissures dans agbélima frais est de $1,81 \pm 0,25 \cdot 10^4$ UFC/g. Cette charge diminue pour atteindre 6 ± 3 UFC/g dans agbélima séché, soit une réduction de 99,96 %. Les espèces des Moisissures identifiées sont : *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus sp.*. Les charges moyennes en Staphylocoques et en Coliformes totaux dans agbélima frais sont respectivement $3,82 \pm 0,54 \cdot 10^1$ UFC/g et $8 \pm 7,55$ UFC/g. Une réduction de 100 % des Staphylocoques et des Coliformes totaux a été enregistrée dans les échantillons d'agbélima séché. Les échantillons frais et séchés ne présentent aucune charge en Anaérobies Sulfite Réducteurs (ASR) ni en Salmonelles. L'influence du séchage a été notée par la réduction de la valeur du nombre de Flore Mésophile Totale, de Flore Lactique, des Levures et Moisissures et une disparition totale des Staphylocoques et des Coliformes totaux par rapport au produit frais.

Tableau 3 : Qualité microbiologique d'agbélima frais et séché

| Param (UFC /g) | Pf 1 | Pf 2 | Pf 3 | Moyenne Produit frais | Ps 1 | Ps 2 | Ps 3 | Moyenne Produit séché | Influence du séchage (% de différence) |
|------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| FMT | 3.10 ⁶ | 2,5. 10 ⁶ | 3,5. 10 ⁶ | 3 ± 0,5.10 ⁶ | 5.10 ³ | 4,925.10 ³ | 3,080.10 ³ | 4,33 ± 1,08.10 ³ | -99,85 |
| FL | 2,3.10 ⁶ | 3,1.10 ⁶ | 2,05.10 ⁶ | 2,48 ± 0,55.10 ⁶ | 3,5.10 ² | 3.10 ² | 1,5.10 ² | 2,67 ± 1,04.10 ² | -99,98 |
| Levures | 6,3.10 ⁵ | 5,24.10 ⁵ | 4,2.10 ⁵ | 5,25 ± 1,05.10 ⁵ | 15,00 | 9,00 | 12,00 | 12 ± 3 | -99,99 |
| Moi | 2,1.10 ⁴ | 1,65.10 ⁴ | 1,68.10 ⁴ | 1,81 ± 0,25.10 ⁴ | 3,00 | 9,00 | 6,00 | 6 ± 3 | -99,96 |
| <i>S. aureus</i> | 40 | 42 | 32 | 3,8 ± 0,54.10 ¹ | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | -100 |
| CT | 15 | 9 | < 1 | 8 ± 7,55 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | -100 |
| ASR | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | -- |
| Salm | Absence | | | | | | | | -- |

Note : Param = Paramètres ; FMT= Flore Mésophile Totale ; FL= Flore lactique ; Moi = Moisissures ; CT= Coliformes Totaux, ASR = Anaérobies Sulfito-Réducteurs ; Salm = Salmonelles ; Pf = Produit frais ; Ps = Produit séché.

3-4. Corrélation entre les paramètres des différents échantillons

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des paramètres physico chimiques et microbiologiques déterminés dans les produits frais et séchés d'agbélima montrent que les deux (02) axes expliquent à 96,88 % toute la variabilité de l'influence desdits paramètres analysés (**Figure 3**). La contribution des paramètres déterminés aux différents axes F1 et F2 révèle que seul le pH est corrélé positivement avec l'axe F1. Par contre, les autres paramètres sont corrélés négativement avec cet axe. Sur l'axe F2, seuls les Coliformes totaux sont corrélés négativement. L'analyse de la projection des échantillons des produits frais et séchés d'agbélima sur le plan factoriel F1-F2 (**Figure 4**) permet de mettre en évidence deux regroupements. Le premier regroupement prend en compte les échantillons frais codés Pf1, Pf2 et Pf3 ; lesquels ont une faible valeur de pH, une acidité titrable, des teneurs en eau, des teneurs en K, P, Ca, Mg et des charges en Flore Mésophile Totale, Flore Lactique, Levures, Moisissures, *Staphylococcus aureus* et Coliformes totaux élevées en comparaison au deuxième regroupement. Le deuxième regroupement prend en compte les échantillons séchés pulvérisés Ps1, Ps2 et Ps3 qui ont une valeur respective élevée de pH (4,5 ; 4,5 et 4,6), une acidité titrable de (1,83 ;1,84 et 2,06 %), des teneurs en eau (11,02 ;11,01 et 11,11 %), en potassium (2322, 2466 et 2511 mg/kg), en phosphore (654, 524 et 545), en magnésium (410, 402 et 389 mg/kg), en calcium (352, 345 et 356 mg/kg) et des charges en Flore Mésophile Totale (5.10³, 4,925.10³ et 3,080.10³ UFC/g), en Flore Lactique (3,5.10², 3.10² et 1,5.10² UFC/g), en Levures (15, 9, et 12 UFC/g), Moisissures (3, 9 et 6 UFC/g) inférieures à celles des échantillons frais. Les échantillons séchés ne présentent aucune charge en *Staphylococcus aureus* et Coliformes totaux.

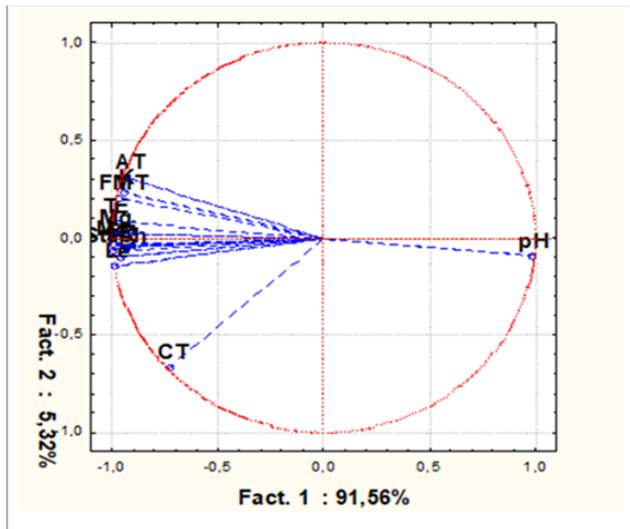


Figure 3 : Projection des variables (paramètres physico-chimiques et microbiologiques) sur le plan factoriel F1-F2

AT = Acidité Titrable ; K = potassium ; P = phosphore ;
Mg = magnésium ;
Ca = calcium ; FMT = Flore Mésophile Totale ; FL = Flore Lactique ;
Le = Levures ; Moi = Moisissures ; Staph = *Staphylococcus aureus* ;
CT = Coliformes totaux

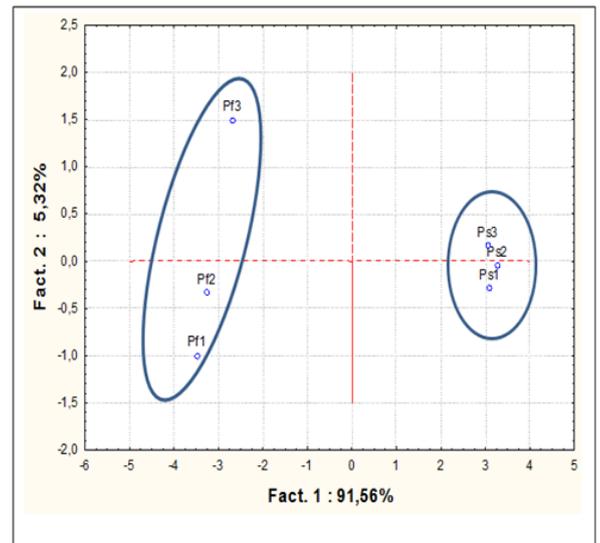


Figure 4 : Projection des échantillons (produits frais et séchés d'agbélima) sur le plan factoriel F1-F2

Pf = Produit frais ; Ps = Produit séché ; Fact = Factoriel

4. Discussion

4-1. Effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques d'agbélima

La teneur en eau moyenne d'agbélima frais est de $48,67 \pm 0,40$ %. Le séchage a permis de réduire cette teneur à $11,05 \pm 0,06$ %, soit une réduction de 37,62 %. Cette réduction permet d'assurer une bonne conservation du produit séché. En effet, selon [25], la teneur en eau des aliments est en accord avec leur durée de conservation. Plus, l'eau libre est présente dans l'aliment, elle facilite mieux les réactions biochimiques susceptibles d'une altération. Par contre, si elle est absente ou liée dans l'aliment, l'activité des substances chimiques surtout des enzymes est arrêtée, et les microorganismes ont des difficultés à se multiplier. Le séchage a conduit à l'obtention d'agbélima sec ou pulvérisé dont la teneur en eau est conforme à la teneur recommandée (< 15 %) pour toute farine qui se conserve convenablement [26]. Au-delà de 15 % d'humidité, il y a risque d'altération. En effet, il a été rapporté que les semoules de manioc sèches ayant 10 à 12 % d'humidité permettent une bonne conservation [27]. La perte d'acidité titrable enregistrée après le séchage est de 0,62 % par rapport à la valeur du produit frais qui est de $2,53 \pm 0,12$ %. Ce résultat est dû à la volatilisation de certains acides lors de l'évaporation de l'eau. Ceci induit bien une légère augmentation du pH de 0,15 % par rapport au produit frais (pH = 3,94 %). L'augmentation de la valeur du pH est liée à une diminution de la teneur en acide lactique. La valeur du pH des échantillons séchés ($4,53 \pm 0,06$) se rapproche de celle obtenue pour le gari, un produit sec dérivé de manioc (pH : 4,3 à 5,0) [28] et celle obtenue pour l'agbélima frais (pH : 3,82 à 4,11) [29]. Par ailleurs, [30, 31], ont obtenu respectivement des valeurs faibles de pH pour les échantillons de foo-foo (farine de manioc) et

attièkè ivoirien, tous des aliments fermentés à base de manioc. De même, le séchage a eu une influence sur la composition en minéraux d'agbélima. La teneur en minéraux est faible dans le produit séché en comparaison au produit frais. Cette perte est due au processus de séchage où la température était de 60 °C dans l'étuve pendant 6 H. Cette température de séchage a conduit à une diminution des teneurs en minéraux. Il s'agit notamment d'une réduction de - 15,10 %, de - 28,62 %, de - 32,60 % et de - 18,37 % respectivement pour le potassium, le phosphore, le magnésium et le calcium. Cette réduction des minéraux est liée à l'évaporation de l'eau au cours du séchage. Par ailleurs, d'autres auteurs [32] ont constaté une perte en teneur de saccharose lors du séchage des dattes de la variété *Deglet Nour*.

4-2. Effet du séchage sur les caractéristiques microbiologiques d'agbélima

Le séchage a conduit aussi à une diminution en nombre d'unité formant colonies des microorganismes (Flore Mésophile Totale (-99,85 %); Flore Lactique (-99,98 %); Levures (-99,99 %), des Moisissures (-99,96 %) et pour les Staphylocoques et les Coliformes totaux (-100 %)). D'une manière générale, tous les échantillons du produit séché sont de qualité microbiologique meilleure que ceux du produit frais et ceci du fait de l'activité de l'eau qui diminue avec le séchage [33]. Les Coliformes sont des indicateurs de la qualité microbienne. En effet, leur suivie dans l'environnement est généralement équivalent à celle des bactéries pathogènes [34]. Ainsi, leur diminution et celle des autres microorganismes dans les produits séchés montrent que le séchage est destinée à la conservation d'agbélima en influençant la croissance et la survie des microorganismes et par conséquent, la qualité microbiologique du produit. Les espèces de Moisissures identifiées sont : *Aspergillus flavus*; *Aspergillus niger*; *Aspergillus fumigatus* et *Aspergillus sp.* Ces Moisissures observées, ont été rapportées à travers d'autres études antérieures sur les produits alimentaires dérivés du manioc [35]. Ces auteurs ont constaté la présence d'*Aspergillus flavus* et d'*Aspergillus niger* dans du gari stocké au Nigeria. Le fait qu'agbélima séché répond aux critères microbiologiques avec l'absence des Coliformes, des Staphylocoques et des Salmonelles, dénote une meilleure qualité microbiologique d'agbélima.

4-3. Corrélation entre les paramètres des différents échantillons

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) des paramètres déterminés dans les échantillons des produits frais et séchés d'agbélima montre la relation entre les différents échantillons et leur qualité physico-chimiques et microbiologiques. Cette analyse confirme les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques obtenus qui montrent que les échantillons du produit frais ont un pH inférieur à celui des échantillons séchés. De plus, ces échantillons frais ont une valeur d'acidité titrable, des teneurs en eau, des teneurs en K, P, Ca, Mg et des charges en Flore Mésophile Totale, Flore Lactique, Levures, Moisissures, *Staphylococcus aureus* et en Coliformes totaux supérieures à celles des produits séchés. Ce qui justifie l'appartenance des échantillons du produit frais au premier regroupement et celui des échantillons du produit séché au second regroupement selon l'ACP. Cette différence est due au fait que les échantillons d'agbélima, au cours de leur séchage, subissent une perte en minéraux et une diminution de la charge voire une disparition des paramètres microbiologiques.

5. Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer l'effet du couple température/temps de séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'agbélima. En comparaison aux résultats d'agbélima frais, le séchage a entraîné une légère augmentation du pH, et une réduction des teneurs des paramètres tels que l'acidité titrable, le potassium, le phosphore, le magnésium et le calcium sur agbélima. Il a également

permis de réduire la charge des paramètres microbiologiques dans agbélima séché ; lequel a été obtenu sous forme de farine. Ainsi, le séchage demeure l'une des alternatives pour sa conservation afin de limiter les pertes post-production. En perspective, des études organoleptiques et d'intérêts économiques sont envisageables quant à l'utilisation de cette méthode de conservation.

Références

- [1] - A. AKOUEGNINOU, W. J. BURG VAN DER, D. L. MAESEN, V. ADJAKIDJE, J. P. ESSOU, B. SINSIN et H. YEDOMONHAN, "Flore Analytique du Bénin", Backuys Publishers, (2006) 1034 p.
- [2] - E. R. NJUKWE, H. HANNA, A. K. KIRSC and SHIGERU, *African Study Monographs*, 34 (4) (2013) 221 - 234
- [3] - L. F.TURYAGYENDA, E. B. KIZITO, M. E. FERGUSON, Y. BAGUMA, J. W. HARVEY, P. GIBSON, B. W. WANJALA and D. S. O. OSIRU, *African Crop Science Journal*, 20 (1) (2012) 15 - 30
- [4] - A. C. KOKO, A. KONAN, F. TETCHI, E. ASSIDJO et G. AMANI. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (1) (2012) 415 - 420
- [5] - K. H. YEBOUE, K. E. AMOIKON, K. G. KOUAME et S. KATI-COULIBALY, *J. Appl. Biosci*, 113 (2017) 11184 - 11191
- [6] - B. JAMES, R. OKECHUKWU, A. ABASS, S. FANNAH, B. MAZIYA-DIXON, L. SANNI, A. OSEI-SARFOH, S. FOMBA, S. LUKOMBO, 'Production du Gari à Partir de Manioc : Guide Illustré à l'Intention des Transformateurs de Manioc à Petite Echelle', Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) : Ibadan, Nigeria, (2013) 32 p.
- [7] - F. A. TETCHI, O. W. SOLOMEN, K. A. CELAH et A. N. GEORGES, *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 10 (2012) 40 - 47
- [8] - E. R. KRABI, A. A. ASSAMOI, A. F. EHON, D. BREHIMA, L. S. NIAMKE et P. THONART, *European Scientific Journal*, 11 (15) (2015) 277 - 292
- [9] - K. A. YAO, D. M. KOFFI, S. H. BLEI, B. I Z IRIE et L. S. NIAMKE, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (3) (2015) 1341 - 1353
- [10] - G. R. DEGNON, T. R. C. KONFO, S. E. ADJOU et E. DAHOUENON-AHOUSI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 12 (3) (2018) 1528 - 1541
- [11] - K. P. MUKANDILA, K. HELL, S. HAUSER, L. LAMBONI et J. T MASIMANGO, 11th ISTRC-AB Symp. Kinshasa, DR Congo. 4-8 October, (2010) 646 - 654
- [12] - R. CAPO-CHICHI, M. T. D AGASSOUNON, H. ADOUKONOU-SAGBADJA, D. G. ANAGO, L. AYI-FANOU, S. D. KAROU, C. AHANHANZO et C. de SOUZA, *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, 15 (2) (2013) 1 - 11
- [13] - R. CAPO-CHICHI et M. AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, *Afrique Science*, 15 (3) (2019) 94 - 101
- [14] - M. R. CAPO-CHICHI, M. AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, V. CHEGNIMONHAN et G. A. MENSAH, *Revue Internationale des Sciences Appliquées (RISA)*, 1 (03) (2018) 40 - 53
- [15] - E. KOGNO, K. ANANI, B. DJERI, K. SONCY, E. TAALÉ and Y. AMEYAPOH, *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 8 (2) (2017) 31 - 38
- [16] - ASSOCIATION of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC), "Official methods of analysis", 13th ed. Washington, D C, (2000)
- [17] - PINTA, "Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux : détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique". *Oléagineux*, 2 (1973) 87 - 92
- [18] - AFNOR (NF ISO 7218) : Microbiologie Alimentaire règles générales pour les examens microbiologiques
- [19] - Agence Nationale de Normalisation, de Métrologie et du Contrôle Qualité (ANM), (NB 01 11 008-2006) *Microbiologie Alimentaire Directives Générales pour le dénombrement des aérobies mésophiles*
- [20] - AFNOR (NF ISO 4832-2006) : microbiologie alimentaire directives générales pour le dénombrement des coliformes-méthodes par comptage des colonies

- [21] - ANFOR (NF ISO 7954-1998/V08-022) : microbiologie alimentaire directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures-technique par comptage des colonies à 25°C.
- [22] - AFNOR (NF ISO 6888-1-1999) : microbiologie alimentaire méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive partie 1
- [23] - AFNOR (NF ISO 15214-1998) : microbiologie des aliments - méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophile
- [24] - J. GUIRAUD et P. GALZY, "L'analyse microbiologique dans les industries agroalimentaire ", Collection génie alimentaire, Les éditions de l'usine nouvelle, Paris, France, (1980) 239 p.
- [25] - M. FAIVELEY, L'eau et la conservation des aliments. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/biochimie-alimentaire/analyses-et-alimentation-humaine-42470210/l-eau-et-la-conservation-des-aliments-f1011/>, (2012), consulté le 03/10/2020
- [26] - C. CHENE, *Journal de l'ADRIANOR*, 26 (2001) 3 - 8
- [27] - L. DJILEMO, Actes de l'atelier international du manioc : potentialités à la transformation du manioc, Abidjan, côte d'Ivoire, 04 -07 juin (2007)
- [28] - C. M. NAGO, In "Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) "éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc*. Orstom. Paris, (1995) 475 - 493
- [29] - W. K. A. AMOA-AWUA, F. A. APPOH and M. JAKOBSEN, *International Journal of Food Microbiology*, 31 (1996) 87 - 98
- [30] - A. BRAUMAN, S. KELEKE, M. MALONGA and F. AMPE, *Applied and Environmental Microbiology*, 62 (1996) 2854 - 2858
- [31] - P. COULIN, Z. FARAH, J. ASSANVO, H. SPILLMAN and Z. PUHAN, *International Journal of Food Microbiology*, 106 (2006) 131 - 136
- [32] - R. F. MECHLOUCH, K. T. KURRMAGI, B. MAHDHAOUI, A. MAHJoubi et A. BEN BRAHIM, "4^{ème} Séminaire Maghrébin sur les Sciences et les Technologies de Séchage (SMSTS) ", (2013) 9 p.
- [33] - E. VIERLING, "Aliments et boissons : Filières et produits. Biosciences et Techniques", 2^e édition, Edition Doin, France, (2003) 270 p.
- [34] - CEAEQ, "Recherche et dénombrement des coliformes fécaux; méthode par filtration sur membrane ", Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, (2000) 24 p.
- [35] - G. J. B. GNONLONFIN, K. HELL, P. FANDOHAN et A. B. SIAME, *International Journal of Food Microbiology*, (2007) 104 - 109