

# Qualité microbiologique des farines de maïs commercialisées sur les marchés de la ville d'Abidjan

E.B.Z. N'GORAN-AW<sup>1</sup>, J. K. COULIBALY<sup>2</sup>, E. N. ASSIDJO<sup>1</sup>, C. N'GATTA<sup>1,2</sup>

(Reçu le 25/01/2018; Accepté le 05/03/2018)

## Résumé

La qualité microbiologique des farines de maïs commercialisées sur les marchés de 9 communes d'Abidjan a été évaluée dans ce travail. 60 échantillons constitués de farine blanche et de farine jaune avec potasse ont été soumis à des analyses physico-chimiques et microbiologiques. Les résultats ont montré des teneurs en eau et en cendres largement inférieures aux normes alimentaires. Au niveau microbiologique, les résultats ont montré une grande variation entre les échantillons. Tous les germes d'intérêt hygiénique ont été retrouvés dans toutes les farines avec des charges maximales respectives de  $1,8 \times 10^9$ ;  $1,3 \times 10^6$ ;  $7 \times 10^5$ ;  $1,1 \times 10^6$ ;  $5,6 \times 10^6$  et  $1,9 \times 10^8$  UFC/g pour les germes aérobies mésophiles, les coliformes totaux, les coliformes thermo-tolérants, les levures, les moisissures et les entérocoques. L'évaluation de la qualité sanitaire des farines a mis en évidence la présence de *Salmonella* dans 2 échantillons (Koumassi et Marcory). Les charges des aérobies sulfito-réducteurs, d'*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* ont été conformes aux différents critères microbiologiques.

**Mots-clés:** Abidjan, farine de maïs, qualité microbiologique, marché.

## Microbiological quality of corn flour sold in the markets of Abidjan

### Abstract

The microbiological quality of corn flour sold in the markets of 9 municipalities of Abidjan was evaluated in this work. 60 samples of white flour and yellow flour with potash were subjected to physicochemical and microbiological analyzes. The results showed that moisture and ash contents were widely lower than standards. The microbiological analysis showed large variations between samples. All germs of hygienic interest were found in all flours with respective maximum loads of  $1.8 \times 10^9$ ,  $1.3 \times 10^6$ ,  $7 \times 10^5$ ,  $1.1 \times 10^6$ ,  $5 \times 10^6$  and  $1.9 \times 10^8$  CFU/g for mesophilic aerobic germs, total coliforms, thermo-tolerant coliforms, yeasts, molds and enterococci. The evaluation of the sanitary quality of the flours revealed the presence of *Salmonella* in 2 samples (Koumassi and Marcory). The sulfato-reducing aerobics, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* charges were in accordance with the various microbiological criteria.

**Keywords:** Abidjan, corn flour, microbiological quality, market.

## INTRODUCTION

Les céréales et leurs dérivés jouent un rôle nutritionnel, social et économique important. Dans les pays côtiers d'Afrique de l'Ouest comme la Côte d'Ivoire, elles contribuent à 45 pour cent des protéines alimentaires (FAO, 2003). Les plus fréquemment utilisées sont le maïs, le sorgho et le mil. Le maïs est la deuxième céréale la plus consommée en Côte d'Ivoire avec une production annuelle estimée à plus de 600 000 T en 2011 (INS, 2011). Il est utilisé dans la préparation de divers produits traditionnels tels que le couscous (*bashi*), la purée (*thô*) et la bouillie (*baka*). Ces produits sont tous des transformations de la farine de maïs obtenue après mouture. C'est d'ailleurs la forme la plus importante de commercialisation du maïs en Côte d'Ivoire. A l'instar de beaucoup de produits locaux qui ne sont qualifiés par aucune procédures industrielle assurée par des organismes possédant la légitimité nécessaire, la farine est produite essentiellement selon un procédé artisanal ou semi-artisanal dans des conditions de salubrité insuffisante par des meuniers d'un niveau de scolarisation relativement faible (N'Goran-Aw et al., 2017). Le problème majeur de

l'ensemble de ces procédés traditionnels se situe au niveau de la qualité des différents aliments obtenus qui est très fluctuante.

En effet, la diversité des fournisseurs, l'origine méconnue des matières premières, les conditions de transformation, de stockage et de transport sont autant de facteurs qui nourrissent l'inquiétude du consommateur vis-à-vis de la qualité sanitaire des produits vendus sur les marchés urbains (Drabo et al., 2009), notamment des farines de maïs. Bien que la contamination microbiologique des farines ne soit pas aussi importante que celle des produits animaux, une préoccupation commune est d'acquiescer, sur le marché, des produits présentant des garanties de qualité sanitaire ou de conformité à des normes de fabrication et de stockage (FAO/OMS, 2005). Cette étude s'inscrit dans un contexte généralisé de suspicion sur la qualité des produits vendus sur les marchés urbains des communes de la ville d'Abidjan en Côte d'Ivoire. En effet, plusieurs produits alimentaires sont depuis peu au cœur des problèmes d'intoxications alimentaires. En 2015, les médias ont mentionnés un cas d'intoxication alimentaire tuant 10 personnes d'une même

<sup>1</sup> UMRI 58, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Bp 1313 Yamoussoukro. Correspondance: nassatiz@yahoo.fr

<sup>2</sup> Institut Pasteur de Cote d'Ivoire

famille après l'ingestion d'un plat de kabato (purée de maïs) confectionné à partir de farine de maïs (Déborah, 2015). Ainsi, le consommateur ivoirien, très sensible aux informations portées par les médias, est devenu de plus en plus exigeant quant à la qualité des aliments qui lui sont proposés sur les marchés. L'objectif de ce travail est donc d'évaluer le niveau de contamination des farines de maïs vendues sur quelques marchés de la ville d'Abidjan.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la recherche et du contrôle de la qualité des denrées alimentaires mis en place par l'unité d'étude et de recherche des contaminants chimiques et microbiologiques des aliments (UNERCO) de l'Institut Pasteur de Côte d'Ivoire afin de protéger et de garantir la santé du consommateur. Elle a été menée dans la ville d'Abidjan, capitale économique de la République de Côte d'Ivoire et ville la plus peuplée du pays. Cette ville regroupe 10 communes comportant plusieurs marchés avec un grand nombre de commerçants du secteur informel. L'étude s'est déroulée de Juillet à Septembre; période à laquelle il y a une forte abondance de maïs.

Pour mener à bien notre étude, les principaux marchés de neuf communes d'Abidjan à savoir Adjamé, Abobo, Attécoubé, Cocody, Koumassi, Marcory, Port Bouët Treichville et Yopougon, ont été le lieu de notre recherche à cause de leur forte croissance démographique et la place prépondérante des farines dans les habitudes alimentaires. La commune du Plateau (centre des affaires) ne dispose pas de marchés proprement dit, elle s'approvisionne chez ses voisines de la commune d'Adjamé.

### Matériel biologique

Le matériel biologique est de 2 types; la farine de maïs blanche (sans potasse) et la farine de maïs jaune avec potasse.

### Échantillonnage

L'échantillonnage a consisté à prélever de façon hebdomadaire l'équivalent de 500 g de farine de maïs (1 échantillon de farine blanche et 1 échantillon de farine jaune avec potasse) chez 3 vendeurs sur un marché dans chaque commune de la ville d'Abidjan. Un total de 6 échantillons par commune a été enregistré sur une fiche de prélèvement en mentionnant les identifiants du produit. Une collecte de 60 échantillons dont 30 de farine blanche et 30 de farine jaune avec potasse a été soumise aux analyses physico-chimiques et microbiologiques.

### Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau des farines a été obtenue selon la méthode standard AOAC (1990). Elle a consisté à dessécher 5 g de farine à une température comprise entre 103 et 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant, la teneur en eau correspondant à la variation de poids de la farine au cours de l'opération.

### Détermination du taux de cendre

Le taux en cendre des farines a également été déterminé avec la méthode standard AOAC (1990) avec une prise

d'essai de 5 g. Les cendres sont obtenues après incinération à  $600 \pm 50^\circ\text{C}$  pendant 4 heures. La farine est préalablement aspergée d'alcool et chauffée au bec bunsen jusqu'à carbonisation complète (l'alcool permet d'éviter l'auto-allumage qui entraîne des projections). Les cendres sont représentées par la masse obtenue après refroidissement.

### Analyses microbiologiques

Le dénombrement de la flore microbienne associée aux farines a été réalisé par la méthode standard (ensemencement en profondeur). Elle consiste à introduire aseptiquement 10 g de chaque échantillon de farine dans des flacons contenant 90 ml d'eau physiologique stérile (0,85 % m/v). Des dilutions décimales allant de  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-3}$  ont été préparées à partir du même diluant et ensuite ensemencées dans les milieux de culture en boîtes.

Le dénombrement des *Staphylococcus aureus* s'est fait selon la méthode ISO 6888 sur gélose Baird Parker supplémentée au jaune d'œuf et au tellurite de potassium. Les boîtes ont été ensuite incubées à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 et 48 heures. Seules les colonies caractéristiques noires avec un halo clair et une zone opaque autour ont été prises en compte.

Le dénombrement des levures et des moisissures s'est effectué selon la méthode NF V08-09 novembre 2002 sur le milieu YGC après incubation à  $30^\circ\text{C}$  pendant 48 h. Les colonies de levures étaient des colonies rondes, lisses, blanchâtres et crémeuses. Pour les moisissures, les colonies retenues avaient un aspect duveteux et rugueux.

Le dénombrement d'*Escherichia coli* s'est fait selon la méthode NF ISO 16649-2, sur le milieu Rapid'*E.coli* 2 et incubé à  $44^\circ\text{C}$  pendant 24 et 48 h. Les colonies caractéristiques étaient des colonies de type S et de couleur violette. Des tests ont été effectués pour la confirmation.

Le dénombrement des streptocoques fécaux a été réalisé sur le milieu BEA selon la norme ISO 7899-2 après incubation à  $37^\circ\text{C}$  pendant 24 h et 48 h. Des colonies noires indiquant l'hydrolyse de l'esculine par les streptocoques fécaux révélée par les ions de fer III ont été retenues.

Le dénombrement des coliformes totaux (CT) s'est fait selon la méthode NF V08-050 et celui des Coliformes thermotolérants (Cth) selon la méthode NF ISO 4832 qui recommande l'utilisation de la gélose VRBL. Les boîtes de pétri ont été incubées pendant 24 h à  $30^\circ\text{C}$  (pour les coliformes totaux) et à  $44^\circ\text{C}$  pour les coliformes thermo tolérants.

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles (GAM) a été réalisé selon la méthode NF ISO 4833 à  $30^\circ\text{C}$  pendant 72 h. Il a consisté en un ensemencement en double couche avec la gélose PCA (Plate Count Agar) et la gélose Past agar A.

La recherche de *Salmonella* s'est fait selon la méthode NF V08-013 en 4 étapes: le pré-enrichissement, l'enrichissement, l'isolement et l'identification des caractères biochimiques avec le portoir réduit de Le Minor.

### Expression des résultats

Le dénombrement s'est fait selon la norme ISO 7218 (octobre 2007). Les résultats obtenus ont été exprimés en

unité format colonies (UFC) par boîte; ces derniers sont ensuite repris en UFC/g par l'application de la formule:

$$N = (\sum \text{Colonies}) / (V \text{ mL} \times (n1 + 0,1 n2) \times D)$$

où  $\Sigma$  Colonies: somme des nombres de colonies bactériennes des boîtes considérées; N: nombre UFC par g de produit initial; VmL: Volume en mLensemencé; n1 & n2: nombre de boîtes interprétables choisies à la 1<sup>ère</sup> et à la 2<sup>ème</sup> dilution considérées et D: facteur de dilution de la 1<sup>ère</sup> dilution considérée.

### Analyses statistiques des résultats

Les données des analyses ont été traitées à partir d'Excel 2007. Les interprétations des résultats ont été réalisées sur la base des critères microbiologiques ISO suivant un plan à 2 classes.

## RÉSULTATS

### Analyses physico-chimiques des farines

Les paramètres physico-chimiques des farines blanches et jaunes avec potasse sont consignés dans le tableau 1. Pour les farines blanches, les résultats indiquent des valeurs moyennes de teneur en eau comprises entre  $21,0 \pm 10,16$  et  $39,7 \pm 2,02$ . En ce qui concerne la teneur en cendre de

ces farines blanches, le taux le plus élevé est de  $0,84 \pm 0,2$  pour Yopougou 2. D'une manière générale, les teneurs en cendre les plus grandes sont obtenues avec les farines jaunes avec potasse. Les teneurs en eau (en %) quant à elles sont du même ordre que celles des farines blanches avec une valeur maximale de  $39,8 \pm 2,00$  et une valeur minimale de  $28,2 \pm 5,97$ .

### Analyses microbiologiques des farines

Les résultats des analyses microbiologiques permettent d'apprécier les qualités hygiénique et sanitaire des farines commercialisées sur les marchés de la ville d'Abidjan.

Les tableaux 2 et 3 donnent le résultat du dénombrement de la flore d'intérêt hygiénique respectivement des farines blanches et jaunes. De manière générale, tous les germes d'intérêt hygiénique sont présents dans tous les échantillons. Les Germes Aérobie Mésophiles (GAM) sont les plus répandus dans les 2 types de farine avec une charge minimale de  $1,2 \times 10^7$  UFC/g pour la farine blanche de Marcory. En dehors des échantillons de farine blanche provenant des quartiers de Koumassi, Adjamé et Marcory, les résultats des coliformes totaux sont largement supérieurs à la norme. Concernant les Entéroques, la charge microbienne varie de  $10$  à  $8,1 \times 10^5$  UFC/g pour la farine blanche et de  $1 \times 10^5$  à  $1,9 \times 10^8$  UFC/g pour la farine jaune avec potasse. Les levures

Tableau 1: Composition chimique moyenne des échantillons de farine blanche par commune

Lieu de prélèvement	Teneur eau (en %) <sup>(1)</sup>		Teneur en cendre en (%)	
	Farine blanche	Farine jaune	Farine blanche	Farine jaune
Koumassi	$33,58^{(2)} \pm 4,54^{(3)}$	$39,12 \pm 5,24$	$0,64 \pm 0,11$	$1,86 \pm 0,11$
Marcory	$39,05 \pm 0,37$	$36,04 \pm 0,20$	$0,62 \pm 0,11$	$1,82 \pm 0,22$
Yopougou2	$34,65 \pm 0,58$	$36,10 \pm 1,83$	$0,84 \pm 0,20$	$1,82 \pm 0,24$
Adjamé	$36,28 \pm 0,84$	$39,85 \pm 2,00$	$0,30 \pm 0,10$	$2,28 \pm 0,30$
Abobo	$39,86 \pm 2,02$	$39,82 \pm 3,18$	$0,36 \pm 0,01$	$2,08 \pm 0,32$
Treichville	$31,03 \pm 8,97$	$30,58 \pm 4,04$	$0,66 \pm 0,14$	$1,76 \pm 0,26$
Port bouét	$37,08 \pm 1,44$	$28,18 \pm 5,97$	$0,30 \pm 0,01$	$1,84 \pm 0,28$
Attécoubé	$33,99 \pm 0,39$	$36,62 \pm 1,26$	$0,42 \pm 0,1$	$1,82 \pm 0,23$
Cocody	$21,02 \pm 10,2$	$31,04 \pm 2,15$	$0,48 \pm 0,13$	$2,05 \pm 0,38$
Yopougou1	$32,88 \pm 2,65$	$34,33 \pm 1,08$	$0,57 \pm 0,15$	$2,18 \pm 0,36$

(1) pourcentage par rapport à la matière humide; (2) valeur moyenne pour les trois échantillons prélevés par commune; (3) Écart type.

Tableau 2: Charge microbienne de la qualité hygiénique des farines blanches

Lieu de prélèvement	Micro-organismes (UFC/g)					
	GAM	CT	Cth	Levures	Moississures	Entérocoques
Koumassi	$1,1.10^9$	$7,1.10^2$	$2,4.10^2$	$1,1.10^6$	$1,0.10^2$	$2,1.10^5$
Marcory	$1,2.10^7$	$9,2.10^2$	$5,2.10^2$	$5,6.10^5$	$1,4.10^3$	$3,6.10^4$
Yopougou 2	$8,4.10^7$	$1,1.10^5$	$1,2.10^4$	$7,9.10^5$	$8,8.10^5$	10
Adjamé	$8,1.10^6$	$5,7.10^2$	$4,5.10^2$	$2,6.10^5$	$3,6.10^5$	$1,2.10^5$
Abobo	$2,0.10^8$	$3,3.10^3$	$2,6.10^2$	$4,5.10^5$	$9,7.10^5$	$1,6.10^5$
Treichville	$5,8.10^8$	$5,2.10^5$	$3,6.10^5$	$3,0.10^5$	$5,5.10^5$	$8,1.10^5$
Port bouét	$5,7.10^8$	$1,3.10^6$	$1,1.10^5$	$9,7.10^4$	$3,8.10^5$	$5,5.10^5$
Attécoubé	$3,7.10^8$	$5,4.10^3$	$4,2.10^3$	$1,4.10^5$	$1,7.10^6$	$2,0.10^4$
Cocody	$1,7.10^7$	$1,3.10^3$	$1,2.10^3$	$4,9.10^5$	$1,1.10^6$	$1,1.10^5$
Yopougou 1	$2,2.10^8$	$3,2.10^5$	$2,2.10^5$	$1,7.10^5$	$5,6.10^6$	$7,7.10^4$
Critères microbiologiques	$10^5$ UFC /g	$10^3$ UFC /g	10 UFC /g	$10^3$ UFC /g	$10^3$ UFC /g	-
Normes	ISO 4833-1 ISO 4833-2	ISO 4831 ISO 4832		ISO 21527-1		

et moisissures ont été retrouvées dans tous les échantillons avec des charges très au-dessus de la norme sauf pour les 2 types de farine prélevés à Koumassi et la farine jaune de Marcory ( $1 \times 10^2$  UFC/g pour chaque échantillon).

Dans les tableaux 4 et 5 sont consignés les résultats de l'évaluation des différents germes responsables de la qualité sanitaire des farines blanches et jaunes avec potasse. La présence de *Salmonella* a concerné les échantillons de Koumassi pour la farine blanche et ceux de Marcory et Yopougon 2 pour la farine jaune avec potasse. Aucun *Staphylococcus aureus* n'a été retrouvé dans les échantillons prélevés sur les marchés des 10 communes pour les 2 types de farine. Toutefois, *E. coli* (Koumassi) et les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) (Attécoubé et Cocody) ont été dénombrés seulement dans la farine blanche respectivement à des charges de  $3,3 \times 10^1$  et  $1 \times 10^1$  UFC/g.

## DISCUSSION

La teneur en eau et le taux de cendre des farines commercialisées sur les marchés de 9 communes d'Abidjan ont été déterminées au cours de ce travail. Les farines blanches ont des teneurs en eau qui varient entre  $21,0 \pm 10,16$  % et  $39,9 \pm 2,02$  %, et celles des farines jaunes avec potasse

entre  $28,2 \pm 5,97$  % et  $39,8 \pm 2,00$  %. Ces valeurs d'humidité sont conformes à celles qui sont obtenues à partir des farines issues d'une transformation traditionnelle par voie humide, qui présentent entre 22 et 46 % d'humidité (FAO, 1994). Ces fortes teneurs en eau s'expliquent par le procédé artisanal de production (Berghofer *et al.*, 2003) de ces farines qui veut que le taux d'extraction soit augmenté par un certain niveau d'humidité des graines de maïs. En effet, la plupart des meuniers utilise un matériel de seconde main dont les performances sont gravement diminuées, ce qui a pour conséquence de faire passer plusieurs fois le produit à moudre dans le moulin si ce dernier n'est pas convenablement hydraté. D'ailleurs le procédé de transformation des graines de maïs en farine comporte une étape d'hydratation de ces dernières d'environ 16 heures (N'goran-Aw *et al.*, 2017). Des études ont montré qu'un temps de trempage, entre 12 et 18 heures, influençait positivement le degré de friabilité des grains de maïs (Ndjouenkeu *et al.*, 1989). De plus, la plupart des farines produites de manière artisanale sont destinées à être vendues et consommées le jour de la production. Quand elles doivent être conservées, les utilisateurs font un séchage supplémentaire au soleil ou à l'ombre afin de prolonger la conservabilité.

**Tableau 3: Charge microbienne de la qualité hygiénique des farines jaunes avec potasse**

Lieu de prélèvement	Micro-organismes (UFC/g)					
	GAM	CT	Cth	Levures	Moisissures	Entérocoques
Koumassi	$1,7.10^8$	$2,5.10^5$	$7,7.10^4$	$1,0.10^2$	$1,7.10^3$	$1,9.10^8$
Marcory	$5,6.10^6$	$2,9.10^4$	$2,7.10^3$	$9,2.10^5$	$1,0.10^2$	$3,5.10^4$
Yopougon 2	$1,3.10^8$	$2,8.10^5$	$7,0.10^4$	$2,3.10^5$	$1,3.10^4$	$2,8.10^4$
Adjamé	$6,5.10^7$	$6,1.10^4$	$4,6.10^4$	$2,6.10^4$	$1,9.10^4$	$1,1.10^5$
Abobo	$2,1.10^8$	$1,5.10^5$	$8,0.10^4$	$3,5.10^3$	$8,0.10^2$	$2,5.10^6$
Treichville	$1,5.10^9$	$7,9.10^5$	$6,3.10^5$	$1,5.10^4$	$1,6.10^3$	$1,0.10^5$
Port bouét	$8,5.10^8$	$9,1.10^5$	$7,0.10^5$	$9,7.10^4$	$1,6.10^5$	$1,6.10^7$
Attécoubé	$1,8.10^9$	$1,6.10^5$	$3,4.10^4$	$4,2.10^4$	$1,5.10^5$	$1,6.10^8$
Cocody	$3,4.10^7$	$6,0.10^4$	$9,4.10^3$	$1,3.10^5$	$1,1.10^5$	$5,5.10^5$
Yopougon 1	$4,1.10^8$	$5,3.10^5$	$4,8.10^5$	$1,7.10^4$	$7,0.10^5$	$1,3.10^6$
Critères microbiologiques	$10^5$ UFC /g	$10^3$ UFC /g	10 UFC /g	$10^3$ UFC /g	$10^3$ UFC /g	-
Normes	ISO 4833-1 ISO 4833-2	ISO 4831 ISO 4832		ISO 21527-1		-

**Tableau 4: Charge microbienne de la qualité sanitaire des farines blanches**

Lieu de prélèvement	Micro-organismes (UFC/g)			
	ASR	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>
Koumassi	0	$3,3.10^1$	Présence	Absence
Marcory	0	0	Absence	Absence
Yopougon 2	0	0	Absence	Absence
Adjamé	0	0	Absence	Absence
Abobo	0	0	Absence	Absence
Treichville	0	0	Absence	Absence
Port bouét	0	0	Absence	Absence
Attécoubé	$1,0.10^1$	0	Absence	Absence
Cocody	$1,0.10^1$	0	Absence	Absence
Yopougon 1	0	0	Absence	Absence
Critères microbiologiques	$10^2$ UFC /g	$10^2$ UFC/g	Absence dans 25 g	Absence dans 10 g
Normes	NF V 08-061	NF V 08-053	ISO 6579	ISO 6888-1 ISO 6888-2 ISO 6888-3

La teneur en cendres donne des informations sur l'efficacité du processus de décortilage (N'guessan *et al.*, 2014). Les teneurs en cendres des farines de maïs blanches varient par commune entre  $0,30 \pm 0,1$  % et  $0,84 \pm 0,2$  % et celles de farines de maïs jaune avec potasse entre  $1,82 \pm 0,24$  % et  $2,28 \pm 0,3$  %. Ces valeurs pour les farines de maïs blanches sont généralement inférieures à la norme qui est 0,7 % selon la FAO (1985). Ces résultats indiquent clairement l'épuisement des minéraux par lixiviation lors de la trempage prolongée des maïs (Ndjouenkeu *et al.*, 1989) d'une part et par l'enlèvement du péricarde au cours du décortilage d'autre part (Houssou *et al.*, 2016a). En ce qui concerne les farines de maïs jaune avec potasse, les taux de cendre sont beaucoup plus élevés que ceux de la farine blanche et supérieurs à la norme. Ceci s'explique par le fait que la farine de maïs jaune s'obtient par ajout de potasse pendant la phase de trempage. Cet ajout contribue à augmenter la teneur en cendre qui représente les éléments minéraux du maïs, dont le potassium.

Les résultats des analyses microbiologiques indiquent un niveau de contamination important des farines de toutes les communes. La flore des farines céréalères est composée de germes saprophytes qui prolifèrent parallèlement avec une augmentation du degré d'humidité occasionnant des altérations. Cette teneur en eau élevée est le facteur limitant de la conservation des farines de maïs produites artisanalement. En effet, elle favorise la prolifération des micro-organismes, capables à l'aide de leurs amylases d'hydrolyser l'amidon et de faciliter ainsi l'acidification de la farine. Des remarques similaires ont été relevées par Houssou *et al.*, (2016a) impliquant une proportion élevée de bactéries lactiques dans des farines issues de différentes technologies.

Les analyses microbiologiques des farines de maïs blanches et jaunes avec potasse montrent que ces farines sont majoritairement contaminées par les germes aérobies mésophiles (de l'ordre de  $10^7$  à  $10^9$ ). Cette population microbienne, très largement au-dessus de la norme qui est de  $10^5$  UFC/g, est constituée d'agents pathogènes et de micro-organismes non pathogènes (N'guessan *et al.*, 2014) pour la plupart peu exigeants au niveau nutritionnel. En effet, pour ce type de germe, la température et l'humidité restent des critères importants de leur croissance. A

ceux-là s'ajoutent des conditions de stockage et de vente peu soucieuses des règles d'hygiène et des bonnes pratiques de fabrication. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Ennadir *et al.*, (2012) qui ont montré la large prédominance de la FAM (Flore Aérobie Mésophile) dans la contamination des farines de blé issues des foyers.

Le dénombrement des entérocoques, des coliformes totaux et thermo-tolérants indique des résultats bien au-dessus de la norme pour la quasi-totalité des échantillons. La forte présence de ces germes se justifie par le caractère ubiquiste de ces derniers. Ces bactéries très répandues dans l'environnement et saprophytes de l'homme et des animaux à sang chaud, se retrouvent dans les farines au cours de la transformation. En effet, le procédé de transformation de ces farines demeure encore traditionnel. Le temps de production suffisamment long (au moins 48 h) et des conditions d'hygiène insuffisantes pourraient constituer des voies de contamination de ces produits. Adjilé *et al.*, (2015) et Houssou *et al.*, (2016b) ont montré dans leur étude sur la caractérisation de la technologie traditionnelle de production de la farine (à base de maïs) que la mouture constituait une étape critique, dépendante de l'ensoleillement et du niveau de salubrité des lieux. En effet, ces germes sont considérés comme des indicateurs d'hygiène dans le processus de fabrication des aliments (Birolo *et al.*, 2001).

A ceux-là également, s'ajoutent les levures et moisissures dont le nombre varie de  $10$  à  $10^5$  UFC/g dans les 2 types de farine de maïs. En dehors de trois échantillons provenant de Marcory, Abobo et Koumassi, la charge en levures et moisissures de tous les échantillons est supérieure à la norme ( $10^3$  UFC/g). Ce nombre considérable pourrait être la cause d'une altération à court terme de ces farines et conduire à des intoxications alimentaires suite à la formation de mycotoxines (N'Tuli *et al.*, 2013). Les sources d'une telle contamination sont multiples mais dans le cas des meuneries traditionnelles, la prolifération des germes est due à la formation des résidus de farine de diverses origines dans les machines de fraisage et à la forte humidité des graines de maïs (N'Goran-AW *et al.*, 2017).

La recherche des germes anérobies sulfite-réducteurs (ASR), de *E. coli*, de *Salmonella* et de *S. aureus* ont montré que toutes les farines sont exemptes de *S. aureus*

**Tableau 5: Charge microbienne de la qualité sanitaire des farines jaunes**

Lieu de prélèvement	Micro-organismes (UFC/g)			
	ASR	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>
Koumassi	0	0	Absence	Absence
Marcory	0	0	Présence	Absence
Yopougon 2	0	0	Présence	Absence
Adjamé	0	0	Absence	Absence
Abobo	0	0	Absence	Absence
Treichville	0	0	Absence	Absence
Port bouét	0	0	Absence	Absence
Attécoubé	0	0	Absence	Absence
Cocody	0	0	Absence	Absence
Yopougon 1	0	0	Absence	Absence
Critères microbiologiques	$10^2$ UFC /g	$10^2$ UFC/g	Absence dans 25 g	Absence dans 10 g
Normes	NF V 08-061	NF V 08-053	ISO 6579	ISO 6888-1 ISO 6888-2 ISO 6888-3

et présentent une qualité satisfaisante pour *E. coli*. Des résultats similaires ont été trouvés par Malette *et al.*, (2013) et, Sanou *et al.*, (2017) dans des farines infantiles produites de manière artisanale. Les Salmonelles ont été détectées dans les échantillons de Marcory, Yopougon 2 (farine jaune) et Koumassi (farine blanche). La présence de ces germes traduit un risque sanitaire pour le consommateur.

Des ASR ont été dénombrés en dessous du critère (moins de 100 UFC/g) dans 8 échantillons de farine. Ces germes rencontrés dans le sol se retrouvent dans la matière première au cours du séchage (N'Goran-AW *et al.*, 2017) et persistent grâce à leur aptitude à sporuler. Des résultats similaires ont été rapportés par Malette *et al.*, (2013), Doukani (2015) et Yao *et al.*, (2015).

## CONCLUSION

L'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des farines de maïs vendues sur 9 marchés du district d'Abidjan a fait l'objet de ce travail. Les résultats indiquent que les farines commercialisées ont un taux d'humidité relativement élevé mais conforme à la norme. Les germes indicateurs de la qualité hygiénique ont été dénombrés dans tous les échantillons avec des charges très largement supérieures à la norme dans les 2 types de farines de maïs (blanche et jaune avec potasse). Au niveau de la qualité sanitaire, *Salmonella* a été retrouvé dans les farines de Marcory, Yopougon et Koumassi. Ce qui traduit une négligence des bonnes pratiques d'hygiène par certaines commerçantes. Toutefois, le recueil des données ne permet pas d'appréhender les différentes voies de contaminations des farines vendues sur les marchés de la commune d'Abidjan. Il serait intéressant de pouvoir étudier plus méthodiquement la chaîne de valeur du maïs pour déterminer les pratiques pouvant faire l'objet d'une surveillance.

## REMERCIEMENTS

Les travaux ont bénéficié du soutien financier et technique de l'Institut Pasteur d'Abidjan. Nous tenons à exprimer notre reconnaissance aux promoteurs de ce projet ainsi qu'aux bailleurs de fonds.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjilela N., Houssou A.P.F., Monteiro N., Fainou M.C., Akissoe N.H., Toukourou F., (2015). Caractérisation du procédé de gambari-lifin (farine de maïs décortiqué dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physicochimique et rhéologique. *Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, n° 12/ Janvier 2015.
- AOAC, Official Methods of Analysis. (1990). 15<sup>th</sup> Editions, Washington DC, 808, 831- 835, 1113.
- Berghofer L.K., Hocking A.D., Miskelly D., Jansson E. (2003). Microbiology of wheat and flour milling in Australia. *Int. J. Food Microbiol.*, 85:137-49.
- Birollo G.A., Reinheimer J.A., Vinderola C.G., (2001). Enterococci vs. nonlactic acid microflora as hygiene indicators for sweetened yoghurt. *Food Microbiology*, 18: 597-604.
- Déborah D. (2105). Intoxication alimentaire à Tiassalé: 10 membres d'une même famille décédées. *Le Nouveau Réveil* N°4058 - lundi 24 août 2015.
- Doukani K., (2015). Étude comparative entre le couscous industriel et le couscous à base de glands. *Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, 13: 2-11.
- Drabo K. M., Toe L. P., Savadogo L. G. B., Zongo I., Tarnagd, Z., Rouamba J., Ouedraogo, J. B. (2009). Caractéristiques de l'alimentation de rue dans la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 102: 36.
- Ennadir J., Hassikou R., Ohmani F., Hammamouchi J., Bouazza F., Qasmaoui A., Mennane Z., Touhami A. O., Charof R., Khedid K., (2012). Qualité microbiologique des farines de blé consommées au Maroc. *Rev. Can. microbiol.*, 58: 145-150.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) (1994). *Codex alimentarius*, Rome, 7: 1-54.
- FAO (1985). Précis technique sur les farines composées. Commission Économique pour l'Afrique des Nations Unies. Application des techniques existantes Commission Économique pour l'Afrique Addis-Abeba 1985. Rome; Italy, 1985.
- FAO/OMS (2005). Le secteur informel de la distribution de produits alimentaires (aliments vendus sur la voie publique): importance et enjeux. Conférence régionale pour l'Afrique sur la sécurité sanitaire des aliments 3-6 octobre 2005 Harare Zimbabwe) Rome, extrait de la conférence, 11 p.
- FAO (2003). Food security and nutrition trends in West Africa challenges and the way forwards. 2<sup>nd</sup> International Workshop on Food-based Approaches for a Healthy Nutrition in Burkina Faso.
- Houssou P. A. F., Ahoyo A. R. N., Metohou E R., Dansou V., Djivoh H., Hotegni A. B., Mensah G. A., (2016a). Évaluation de la qualité de yèkè-yèkè (couscous de maïs) et de gambari-lifin (farine raffinée de maïs) au cours du stockage. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 27: 136-150
- Houssou P. A. F., Padonou S. W., Vodouhe M. C. D. N., Djivoh H., Dansou V., hotegni A. B., Metohou R., (2016b). Production du gambari-lifin (farine raffinée de maïs) de bonne qualité par l'amélioration du procédé traditionnel production au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17: 100-111.
- Institut National de la Statistique (INS)(2011). Rapport sur la dynamique de la consommation alimentaire en Côte d'Ivoire, Ministère de l'agriculture, Michigan State University.
- Malette Y., Sessou P., Farougou S., Metohou R., Sohouhloou D., (2013). Évaluation de la qualité hygiénique de Tchaamessibu, une pâte acide consommée à Natitingou au nord Bénin. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 7: 228-244
- N'Goran-AW E.B.Z., Doudjo S., Sadat A., David, A.K., Emmanuel A.N. (2017). Évaluation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques d'un beignet traditionnel à base de mil fermenté (gnomy) commercialisé dans la ville de Yamoussoukro (Côte D'Ivoire). *European Scientific Journal*, ESJ, 13(9).

- N'guessan Y. D., Bedikou M. E., Zoue L. T., Goualie B.G., Niamke S.L. (2014). Physicochemical, nutritive and safety evaluation of local cereal flours sold in areas of the District of Abidjan-Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 83: 7579-7594.
- Ndjouenkeu R., Mbofung C.M.F., Etoa F. X. (1989). Étude comparative de quelques techniques de transformation du maïs en farine dans l'Adamaoua in Céréales en régions chaudes: conservation et transformation. Paris, France 1989, AUPELF/UREF, Edit. John Libbey Eurotext, pp. 179-186.
- Ntuli V., Mekibib S. B., Molebatsi N., Makotoko M., Chatanga P., Asita .O. A., (2013). Microbial and Physicochemical Characterization of Maize and Wheat Flour from a Milling Company, Lesotho. *Int. Journal of Food Safety*, 15: 11-19.
- Sanou A., Tapsoba F., Zongo C., Savadogo A., Traore Y., (2017). Étude de la qualité nutritionnelle et microbiologique des farines infantiles de quatre unités de production: CMA saint Camille de Nanoro, CSPA Saint Louis de Temnaore, CM saint Camille d'Ouagadougou et CHR de Koudougou, *Nature & Technology Journal. Vol. B: Agronomic & Biological Sciences*, 17: 25-39.
- Yao A. K., Koffi D. M., Blei S. H., Irié Z. B., Niamké S. L., (2015). Nouvelle technique de transformation de lapulpe de manioc (*manihot esculenta crantz*) sous forme de granules conservables sur une longue période. *European Scientific Journal*, 11 (24).