

Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences



An International Peer Review E-3 Journal of Sciences

Available online at www.jcbpsc.org

Section A: Chemical Sciences

CODEN (USA): JCBPAT

Research Article

Viscosité et microbiologie de la gomme de *Sterculia setigera* Del.

*Mamoudou Abdoul TOURE¹, Elhadji Faye²

¹ Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), BP. 3120 (Sénégal)

² Université de Thiès/Institut Supérieur de Formation Agricole et Rurale, BP. 54 - Bambey, (Sénégal)

Received: 12 October 2018; Revised: 29 October 2018; Accepted: 07 November 2018

Résumé: La gomme *karaya* ou *mbep* est produite par *Sterculia setigera* Del. en Afrique. La valeur de la gomme dépend beaucoup de sa viscosité et de l'absence de germes toutes deux rarement étudiées. L'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la qualité de la gomme *karaya* du Sénégal. Pour ce faire, à partir de gommes provenant de la région de Tambacounda, au Sénégal (i) le comportement de la viscosité de la gomme en fonction de la vitesse de cisaillement et (ii) le contrôle de sa qualité microbiologique ont été suivis. La viscosité des deux types de gommes collectées dans les sites de Bala, Daoudi et Malem Niani 1 (récoltées en période sèche-chaude et âgées d'un an) et Malem Niani 2 (âgée de quatre mois et récoltée en période sèche-fraîche) en fonction de différentes vitesses de cisaillement a été étudiée. Les résultats montrent que la viscosité de la gomme de *S. setigera* varie en fonction de l'interaction entre le type de gomme et la vitesse de cisaillement ($p < 0,0001$). La gomme *mbep* récoltée à Daoudi et à Malem Niani, ne présente pas de contamination par les *Salmonelles* ou par *Escherichia coli*. Par contre, la flore totale mésophile (sur PCA) est très importante ($> 3 \cdot 10^6$). Ces résultats ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances et d'identifier la gomme *karaya* sénégalaise (*mbep*) comme une gomme de bonne qualité.

Mots clés. *Karaya*, *Sterculia setigera*, viscosité, *Salmonelles*, *Escherichia coli*

1. INTRODUCTION

S. setigera est une espèce qui exsude une gomme (*mbep* en langue wolof au Sénégal ou *Karaya* sur le marché mondial) très prisée dans les domaines alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques¹⁻². Elle se retrouve aujourd'hui dans une grande variété de produits tels que les produits diététiques, les desserts, les médicaments, les beignets, les sauces salées, les plats cuisinés, les glaces et les biscuits³⁻⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷⁻⁸⁻⁹.

Les propriétés physico-chimiques des gommages végétale varient selon les caractéristiques du sol, la période de récolte, le site, l'espèce¹⁻²⁻⁹. Selon², une comparaison des viscosités de gomme *karaya* sénégalaise a permis de constater que celle de Bala (9913mPa) est supérieure (vitesse et température constantes = 0,35 s⁻¹ à 35 °C) à celles de Daoudi et Maleme Niani (en moyenne 2872mPa). En Inde, le calibrage de la gomme *karaya* tient compte de plusieurs variables physico-chimiques dont la viscosité¹⁰⁻¹¹. Colin-Henrion et al.¹² constatent également la solubilisation des pectines lors de la cuisson que la température appliquée (85°C) et le pH de la pomme (3,5-4,0) contribuent à la solubilisation avec une dépolymérisation des polysaccharides pariétaux par une hydrolyse acide des pectines. Selon To¹³, la viscosité du sérum de la purée de la variété de pomme GS (Granny Smith) est 10 fois supérieure à celle de la GD (Golden Delicious).

Les propriétés de la *karaya* sénégalaise sont peu étudiées¹⁻²⁻¹⁴. La poursuite de l'approfondissement des connaissances pour une meilleure appréciation des propriétés physicochimiques de cette gomme est indispensable. Il s'y ajoute que la gomme est manipulée avec les mains nues ou avec du matériel sale et inadéquat durant sa récolte et son transport. Très hydrophile, elle est souvent le siège de développement de microorganismes qui peuvent affecter sa valeur commerciale. L'usage de gomme *sterculia* dans les préparations alimentaires et pharmaceutiques a permis de constater que le produit pouvait contenir des agents microbiens pathogènes (*Streptocoques*, *Staphylocoques*, *Entérobactérie*)¹. En plus, les techniques de séchage de cette gomme ne sont pas encore totalement maîtrisées par les exploitants qui ignorent qu'une gomme de qualité répond à certains critères pour être acceptable sur le marché international. La société sénégalaise est une grande consommatrice de gomme *mbep* surtout dans les régions où on pratique la culture de céréales²⁻¹⁵. Le contrôle microbiologique de la gomme *mbep* est dans ses conditions nécessaires.

L'objectif de ce travail est (i) d'étudier le comportement de la viscosité de la gomme en fonction de la vitesse de cisaillement et (ii) de contrôler sa qualité microbiologique.

2. MATERIEL ET METHODES

Les gommages *mbep* utilisées sont récoltées au Sénégal dans la région de Tambacounda et séchées à température ambiante par les producteurs de Bala (14° 01' 63'' Nord et 13° 10' 62'' Ouest ; altitude 65 m), Daoudi (14° 07' 42'' Nord et 13° 58' 05'' Ouest ; altitude 33 m) et Malem Niani (13° 56' 00'' Nord et 14° 18' 00'' Ouest ; altitude 36 m). Le climat tropical sec de la région est de type Sahélo-Soudanien avec deux saisons (sèche et pluvieuse) et la place entre les isohyètes 400 et 1 200 mm. Ces sites sont retenus parce qu'ils produisent l'essentiel de la gomme *karaya* sénégalaise¹⁻². Les gommages sont ensuite transformées en poudre après broyage de la gomme nettoyée (broyeur IK MF10 à 4000 tours/mn ; Photo 1). Le tamisage de la gomme est réalisé en deux étapes : d'abord avec un tamis (1mm de maille), ensuite avec un deuxième tamis à mailles plus fines (0,5 mm)². Pour la microbiologie, la conservation de la gomme âgée d'une année a été faite sous forme de poudre dans des bocaux plastiques à couverture hermétique. Par contre, les gommages âgées de 2 mois étaient gardées sous forme de granules et c'est au moment de leur analyse que leur broyage a été réalisé.

2.1. Viscosité de la gomme : Dans un dispositif en randomisation totale, un essai à deux facteurs est mis en place :

- facteur 1 : type de gomme à quatre (4) niveaux : Bala, Daoudi, Malem Niani 1 et Malem Niani 2 ;
- facteur 2 : vitesse de cisaillement à huit (8) niveaux : 0,35 s⁻¹, 0,7 s⁻¹, 1,4 s⁻¹, 2,8 s⁻¹, 5,6 s⁻¹, 11,2 s⁻¹, 22,4 s⁻¹ et 44,8 s⁻¹.

Trente - deux (32) traitements sont utilisés et chaque traitement est répété neuf (9) fois. Les gommes de Bala, Daoudi et Maleme 1 sont récoltées en période sèche-chaude (mars à juin) et âgées d'un (1) an et la gomme Malem 2 âgée de 4 mois est récoltée en période sèche-fraîche (novembre à février).

La viscosité est mesurée avec un viscosimètre *BRABENDER* série *VISCOTRON* à cylindres coaxiaux dont l'un est fixe et l'autre mobile. L'appareil dispose d'un thermomètre à alcool qui sert à contrôler la température du bain-marie.

La viscosité (η) a été calculée à partir de la valeur lue sur le bloc de contrôle du viscosimètre "S", en utilisant les formules suivantes:

$$\text{Vitesse de cisaillement : } D = m. X \text{ s}^{-1} \quad (1)$$

$$\text{Force de cisaillement : } \tau = B. S. Y \text{ Pa} \quad (2)$$

$$\text{Viscosité } (\eta) = (B \times S \times K) / m \text{ mPas} \quad (3)$$

- m = rpm = revolution per minute (min⁻¹)
- B = 3, échelle donnée par le constructeur
- S = lecture digitale
- X = facteur de cisaillement = 1,4
- Y = facteur de force (ressort précalibré) = 0,0283
- K = constante de calibration = 20,2.

B, X, Y et K sont des valeurs données par le constructeur du viscosimètre utilisé.

2.2. Microbiologie de la gomme

2.2.1. Milieux et conditions de cultures: Les cultures sont effectuées sur plusieurs milieux (eau peptone tamponnée et eau peptone salée, milieu Plate Count Agar (PCA), DCL, Sabouraud) de base dont les compositions sont consignées dans le tableau 1. Une solution liquide mère est préparée avec de l'eau peptonée tamponnée. Puis, des flacons de 100 ml d'eau peptonée tamponnée (pH pour la gomme 6 à 7) sont stérilisés à l'autoclave (121°C/15mn) et après refroidissement, 1 g de poudre de gomme est ajouté par flacon. Après agitation, les flacons sont incubés à l'étuve à 37°C pendant 24 heures pour le pré enrichissement.

Une deuxième solution peptonée salée est préparée ; trois (3) flacons de 100ml et six (6) tubes de 9ml sont prélevés puis les flacons sont stérilisés à 121°C/15mn. Un (1) g de poudre de gomme est ajouté dans chaque flacon de 100ml d'eau peptonée salée suivi d'une agitation mécanique pour l'obtention de solution concentrée de 10⁻². Des dilutions jusqu'à 10⁻⁴ sont ainsi effectuées. Pour l'ensemencement, des dilutions de 10⁻³ et 10⁻⁴ sont utilisées.

2.2.2. Identification des coliformes: Les coliformes sont les entérobactéries fermentant rapidement le lactose. Les « coliformes fécaux » et quelques fois « *Escherichia coli* présomptifs » sont des bactéries produisant du gaz à partir du lactose à 44°C¹⁶. Le choix du milieu Sabouraud plus l'antibiotique chloramphénicol, de la famille des phénicols, s'explique par le fait qu'il limite la croissance des germes autres que les champignons¹⁴.

Pour déterminer les coliformes totaux, on prélève 1ml de chaque dilution (10^{-3} et 10^{-4}) qu'on place dans des boîtes de Pétri en utilisant une pipette ; ensuite 10 à 15ml du milieu désoxycholate citrate lactose (DCL) à 1/1000 préalablement préparé est ajouté en surfusion, après homogénéisation (mélange uniforme avec l'inoculum par un lent mouvement circulaire horizontal). Après le séchage, une seconde couche du milieu DCL est ajoutée ; après solidification, l'incubation est réalisée à 37°C. Le même processus est utilisé pour la détermination des coliformes fécaux. L'incubation est faite à 44°C pour les coliformes totaux. Pour chaque échantillon et dilution utilisés trois répétitions sont effectuées.

2.2.3. Flore aérobie mésophile: Pour la détermination de la flore aérobie mésophile, 1ml de la solution mère de chaque dilution (10^{-3} et 10^{-4}) est prélevé puis versé dans des boîtes de pétri, ensuite le milieu Plate Count Agar (PCA) à pH 7 est ajouté. Après homogénéisation et séchage, une deuxième couche de PCA est ajoutée suivie d'une incubation à 30°C.

Pour la détermination de levure et des moisissures, le milieu Sabouraud + Chloramphénicol (2,5 g) prêt à l'emploi est utilisé. Le glucose et le milieu Sabouraud normal sont préparés séparément. Les 2,5g de Chloramphénicol (après filtration sur membrane à 0,2 μ) sont stérilisés sous la hotte à flux laminaire à la solution de glucose refroidie à 45°C après autoclave (bain marie) puis l'ensemble est incorporé au milieu puis mélangé avant d'être coulé en boîte de Pétri (3). Ainsi, un échantillon de 100 μ l (ou 0,01 ml des dilutions (10^{-3} et 10^{-4})) est prélevé et étalé dans des boîtes de Pétri avec des étales en verre puis incubé à 30°C. Pour chaque échantillon et dilution utilisés trois répétitions sont effectuées.

2.2.4. Détermination des Salmonelles: Un (1) millilitre de la suspension pré enrichie (c'est-à-dire 1g dans 100ml de l'eau peptonée tamponnée et incubée à 37°C/24 h) est prélevé dans 9ml de bouillon rappaport pour obtenir une dilution de 10^{-3} . Un (1) millilitre de cette dernière dilution (10^{-3}) est prélevé pour obtenir une dilution de 10^{-4} puis incubé à 37°C/24 heures. Pour chaque échantillon (Daoudi, Malem Niani) et chaque dilution utilisés trois répétitions sont effectuées.

3. RÉSULTATS

3.1. Viscosité de la gomme *mbep* : La viscosité dynamique de la gomme de *Sterculia* varie en fonction de l'interaction entre le type de gomme et la vitesse de cisaillement ($p < 0,0001$). Pour une vitesse de cisaillement de $0,35s^{-1}$, la viscosité est plus élevée avec la gomme de Bala ($9912 \pm 216mPas$) suivie par celle de Malem Niani 2 ($9002,5 \pm 216 mPas$). Les viscosités les plus faibles sont obtenues avec la gomme de Daoudi et de Malem Niani 1 ($2832,75 \pm 216mPas$). La viscosité a maintenu la même tendance que précédemment avec les vitesses de $0,7s^{-1}$, $1,4s^{-1}$ et $2,8s^{-1}$ (**Figure 1**).

Les viscosités des gommes de Bala et de Malem Niani 2 à $5,6s^{-1}$, sont en moyenne de $1334,15 \pm 216mPas$. Les viscosités des gommes de Daoudi et de Malem Niani 1 ne varient également pas, avec une moyenne de $534,95 \pm 216mPas$. La viscosité de la gomme de Bala est plus élevée à $5,6s^{-1}$ ($1601 \pm 216mPas$) que celle de Daoudi ($418,2 \pm 216mPas$). Par contre, pour les vitesses de $11,2s^{-1}$ et $44,8s^{-1}$, les viscosités ne varient pas en fonction du type de gomme (**Figure 1**).

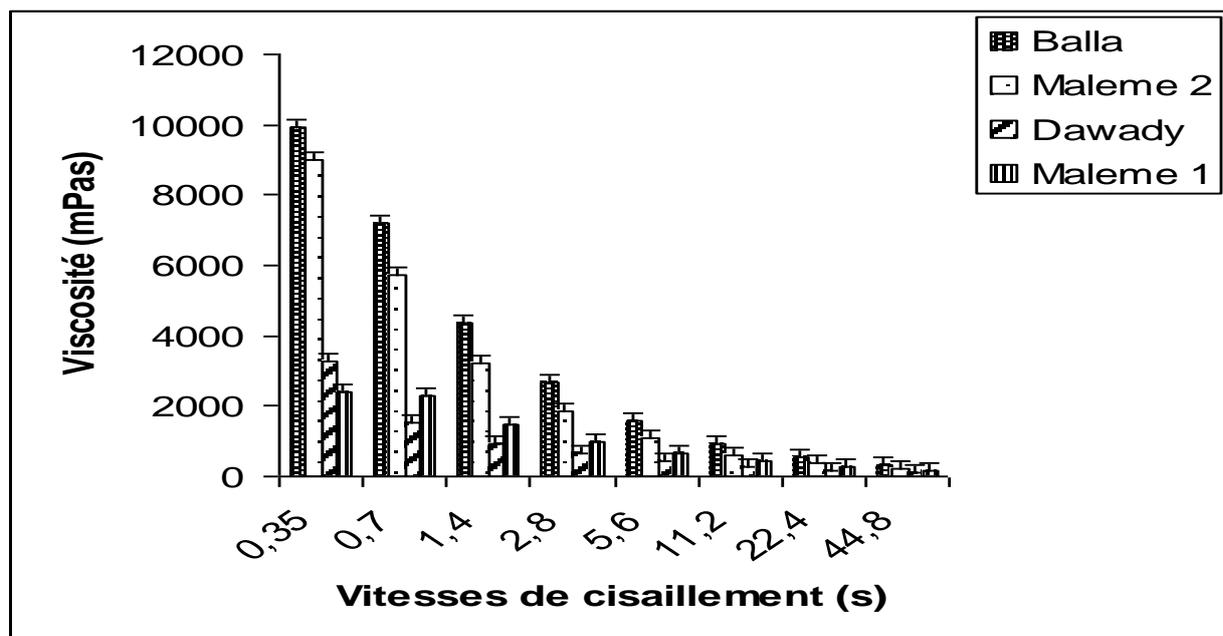


Figure 1 : Interaction entre vitesse de cisaillement et origine de la gomme ($p = 0,0000$).

Tableau 1 : Composition des milieux des cultures

Composition	Poids
Milieu Plate Count Agar (PCA): dénombrement des mésophiles aérobies totaux (flore totale mésophile) pour 1 litre	
Peptone	5g
Extrait de levure	2,5g
Peptone	10g
Glucose	1g
Eau déminéralisée	1l
Milieu Sabourand: dénombrement des levures et moisissures pour 1 litre	
Glucose	20g
Chloramphenicol	0,5g
Agar	15g
Milieu DCL (Désoxycholate Citrate Lactose) à 1/1000: dénombrement des coliformes fécaux, pour 1 litre	
Peptone/tryptone	10g
Lactose	10g
Agar	15g
Citrate de Na	1g
Citrate de Fer III	1g
Désoxycholate de Na	1g
K_2HPO_4 (Na)	2g
NaCl	5g
Rouge neutre	30mg

Les viscosités des gommages de Malem Niani 1 ($0,35s^{-1}$ et de $0,7s^{-1}$), de Malem Niani 2 ($2,8s^{-1}$) et de Bala ($5,6s^{-1}$) ne varient pas significativement, en moyenne de $2042,62 \pm 216mPas$. Les viscosités des gommages de Daoudi ($0,35s^{-1}$), de Malem Niani 2 ($1,4s^{-1}$) et de Bala ($2,8s^{-1}$) ne varient pas également de façon significative, en moyenne de $3058,4 \pm 216mPas$ (**Figure 1**).

3.2. Microbiologie de la gomme *Sterculia (mbepp)* : La gomme *mbepp* âgée de 2 mois récoltée à Daoudi et à Malem Niani en période chaude (avril), ne présente pas de *Salmonelles* ni de *Escherichia coli*. Par contre, la flore totale mésophile (sur PCA) est très importante : $> 3 \cdot 10^6$ (**Tableau 2**).

Pour les gommages de Bala, Daoudi et Malem Niani âgées d'une année et récoltées à la même période, une absence de coliformes fécaux et totaux est notée, de même qu'une absence de croissance fongique. La présence des *Salmonelles* est par contre notée sur les échantillons (âgés d'un an) de Bala et de Malem Niani (**Tableau 3**).

Tableau 2 : Microbiologique de la gomme de *S. setigera* âgée de 2 mois

Milieu	Dilution	UFC/g Daoudi	UFC/g Malem Niani
PCA (mésophiles)	10^3	(incompatible) $> 3 \cdot 10^6$	(incompatible) $> 3 \cdot 10^6$
	10^4	$5 \cdot 10^7$	$8,5 \cdot 10^6$
Sabouraud (levures et moisissures)	10^3	$2 \cdot 10^4$	$< 10^4$
DCL (coliformes)	10^3	Repiquages sur Uri et Rambach Agar	
Uri Select (E. coli)	Ensemencement colonie (venant du DLC)	absence	absence

Tableau 3 : Microbiologique de la gomme *Sterculia* âgée de 12 mois

Milieu	Dilution	UFC/g Dawady	UFC/g Malem Niani	UFC/g Balla
PCA (mésophiles)	10^3	-	-	-
	10^4	$5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$
Sabouraud (levures et moisissures)	10^3	absence	absence	absence
DCL (coliformes)	10^3	Repiquages sur Uri et Rambach Agar		
Uri Select (E. coli)	Ensemencement colonie (venant du DLC)	absence	absence	absence
Rambach		absence	présence	présence

4. DISCUSSION

La viscosité de la gomme de *S. setigera* varie en fonction de l'interaction entre le type de gomme et la vitesse de cisaillement. La viscosité de la gomme de Bala (Avril) ($0,35 s^{-1}$) est plus élevée ($9912mPa$) que celle de Malem Niani 2 (Février), $9002,5mPa$ pour la même vitesse de cisaillement. Cela

confirme les résultats de Samba et *al.*². Par contre, les gommes de Malem Niani 1 (Avril) et Daoudi (Avril), pour la même vitesse de cisaillement, donnent une viscosité inférieure (2832,75mPa). Les viscosités de la gomme de Bala et de Malem Niani 2 sont comparables à une vitesse de 5,6 s⁻¹. Cependant, à une vitesse de 11,2 s⁻¹ à 22,4 s⁻¹, la viscosité n'est pas influencée ni par l'âge de la gomme, ni par le site de récolte. Avec la gomme Xanthane, des seuils de 700, 2 500 et 7 000mPa sont déterminés avec un viscosimètre Rhéomat 30 pour des concentrations en gomme de 3, 5 et 10 g/l respectivement¹⁷. Par comparaison, To¹³ a trouvé une valeur de 136mPas pour une purée de variété Granny Smith et 13,3mPas pour une purée de variété Golden Delicious

Il est aussi possible d'obtenir des viscosités identiques pour des gommes *mbepp* récoltées à des périodes ou des sites différents. Ainsi, les gommes de Malem Niani 1 (pour les vitesses 0,35s⁻¹ et 0,7s⁻¹), Malem Niani 2 (2,8s⁻¹) et de Bala (5,6s⁻¹) donnent la même viscosité, pour une moyenne de 2042,6mPa. La viscosité de la gomme de Daoudi (0,35s⁻¹) est la même que celles de Bala (2,8s⁻¹) et de Malem Niani 2 (1,4s⁻¹), pour une moyenne de 3058,4mPa. Selon Brahim¹⁸ la viscosité diminue lorsque la température augmente pour la même vitesse de cisaillement, conformément aux prédictions rhéologiques. Selon le même auteur, l'effet de la température sur la viscosité est d'autant plus faible que la vitesse de cisaillement est grande. Une étude de Saidou¹⁹ sur *Triumfetta cordifolia* et *Bridelia thermifolia* montre que la viscosité des extraits diminue pour des températures de séchage des écorces au-delà de 70°C. Cette baisse de viscosité des extraits est plus le résultat d'un changement de conformation des polysaccharides que de leur dégradation. L'étude du comportement rhéologique de ces polysaccharides traduit un comportement rhéofluidifiant, viscoélastique, peu thixotrope et avec des contraintes seuil d'écoulement comprises entre 0,2 et 5Pa et entre 0,5 et 1Pa respectivement pour *T. cordifolia* et *B. thermifolia* à des concentrations comprises entre 0,52 et 0,82g/l.

Il est possible que la différence de viscosité constatée dans le cadre cette étude entre les différentes gommes soit liée à leur acidité : Bala (pH = 6,75 ; avril) le plus faible suivi de Malem Niani 2 (février) et Daoudi (avril ; pH entre 6,23 et 6,20). Cependant, l'acidité de la gomme de Malem Niani 1 est plus forte (5,53). Il est possible que la gomme de Malem Niani 1 ait plus de difficulté à libérer son acidité avec la conservation. La différence de viscosité entre les différentes gommes peut s'expliquer aussi par la présence d'impureté (débris, sable, autres) car la gomme analysée n'était pas de la qualité Hand Pecket Selected (HPC)¹⁵. Dans le cas du concentré de tomate, une augmentation de la solubilisation des pectines coïncide avec la diminution de la viscosité du sérum²⁰. Selon Ouerdane et Mahfoud²¹, le taux d'élongation du fluide viscoélastique augmente avec l'inertie et la concentration de la solution.

La viscosité d'une solution de gomme varie en fonction de plusieurs facteurs à savoir la granulométrie, la concentration en gomme, le pH, la température, l'ion calcium, le gradient de cisaillement, l'âge de la gomme²². Selon Verbeken et *al.*⁹, en forme sèche, la gomme *karaya* stockée sous forme de poudre perd sa viscosité plus rapidement que lorsqu'elle est stockée sous forme de granules. Selon Hsu²³, avec le jus de tomate la comparaison de deux traitements Hot Break (92°C, 2min) et Cold Break (60°C, 2 min) montre que la viscosité du jus diminue avec le Cold Break et augmente avec le Hot Break. La différence entre les viscosités obtenues avec les deux traitements est attribuée à l'activité enzymatique et la solubilisation des pectines que celle-ci entraîne.

Les résultats de cette étude montrent aussi que la viscosité diminue avec l'augmentation de la vitesse de cisaillement. Ces résultats sont similaires à ceux de Simon²⁴. Selon ce dernier, lorsque le gradient de vitesse (exprimé en s⁻¹) augmente, la viscosité apparente (exprimée en Pas) diminue. Sous un effet de cisaillement grandissant, les chaînes de galactomannanes vont se désenchevêtrer et s'orienter parallèlement. Cette réorganisation des molécules est responsable de la diminution de la viscosité.

Des actions allant dans le sens d'une meilleure maîtrise des techniques d'exploitation, de séchage et de stockage sont donc indispensables. D'après nos résultats la gomme *mbpep* fraîchement récoltées ne présente ni *Salmonelles* et ni *E. coli*. Elle est donc conforme au niveau pathogène pour le commerce international en tant que matière première. Par contre la flore totale mésophile (sur PCA) était très importante et supérieure à la norme de la Pharmacopée : 100 fois ou 1000 fois plus (le taux microbien maximal était de l'ordre de 10 000 germes/g), alors que de nombreux industriels exigent un taux inférieur¹⁻¹⁴. La gomme *karaya* est 100% naturelle et végétarienne, exempte de pesticides et d'OGM. Elle ne contient pas de gluten et est riche en fibres. Elle est dénommée E416 selon le référentiel des additifs de l'EFSA (l'Autorité européenne de la Sécurité alimentaire). Selon l'EFSA et le JECFA (Comité mixte FAO / OMS d'experts sur les additifs alimentaires), la gomme *Karaya* ne pose aucun problème de sécurité ou de santé et il n'est pas nécessaire d'indiquer une DJA (Dose Journalière Admissible) pour la gomme *Karaya*³.

La gomme de Daoudi dont les conditions de conservation ne sont pas adéquate présente une pollution fongique d'où l'intérêt de renforcer les capacités des producteurs en termes de matériel de collecte, de transport et de conservation de gomme permettant d'éviter une pollution⁵. La contamination constatée avec de la gomme de Balla et Malem Niani âgée d'une année et conservée à température ambiante sous forme de poudre dans des bocaux plastique à couverture hermétique pose un problème. D'où dans le futur l'intérêt d'étudier les meilleures conditions de conservation (poudre ou granule) de la gomme *karaya* sénégalaise. Même si c'est admis que la gomme fraîchement récoltée est indemne de contamination¹ cela ne s'exclut pas des possibilités de contamination si les conditions de conditionnement ne respectent pas les normes exigées par le marché mondial pour avoir une gomme de qualité. Les solutions et les gelées de la gomme *karaya* exigent des préservatifs puisqu'elles sont sujettes à l'attaque bactérienne. Elles sont facilement préservées avec un mélange à un maximum de 0,17% méthylique et d'o-hydroxybenzoate propylique de 0,03% aussi bien qu'avec du glycol de glycérine et de propylène. L'acide benzoïque aussi bien que le benzoate de sodium à 0,1%, préserve efficacement des solutions de gomme *karaya*⁹.

5. CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que pour la gomme *karaya* sénégalaise, il est possible, pour des périodes de récoltes, de sites et de vitesse de cisaillement différents d'obtenir des viscosités égales et importantes. C'est le cas des gommes de Malem Niani 1 (0,35s⁻¹ et 0,7s⁻¹), Malem Niani 2 (2,8 s⁻¹) et de Balla (5,6s⁻¹) donnent la même viscosité (2042,6mPa). La viscosité de la gomme de Daoudi (0,35s⁻¹) est la même que celles de Balla (2,8s⁻¹) et de Malem Niani 2 (1,4s⁻¹), en moyenne de 3058,4mPa. Ces résultats montrent aussi l'importance de la valeur marchande que pourrait avoir la gomme *karaya* sénégalaise surtout qu'elle ne présente ni *Salmonelles* et ni *E. coli*. Elle est donc conforme au niveau pathogène pour le commerce international en tant que matière première. Cependant, pour une durabilité de cette valeur marchande, il urge de renforcer les capacités des producteurs en termes de procédés de récoltes, de transport et de conservation. Il est également important de mettre à leur disposition tout le petit matériel ou outil nécessaire pour une meilleure conservation des propriétés physicochimique de la gomme *mbpep*.

REFERENCES

1. M.A. Touré , Caractérisation de la gomme et conservation des ressources génétiques de *Sterculia setigera* DEL. Thèse de troisième cycle. FST, UCAD, Sénégal.2009, P. 102.

2. S.A.N. Samba, M.A. Touré, D Niang et Y.K. Gassama, 2012. Caractérisation physico-chimique de la gomme *Sterculia* de trois localités de la région de Tambacounda au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 2012, 6(3), 1179-1191
3. Alland et Robert, 2018. La gomme Karaya, un ingrédient pour l'industrie alimentaire, consulté le 16 août 2018 sur « <https://globalenergymedia.com/alland-robert-presente-la-gomme-karaya-un-ingredient-pour-1039industrie-alimentaire/> »
4. Wikipedia, 2018. Gomme karaya, consulté le 15 septembre 2018 sur https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Gomme_karaya,
5. AIPG (Association for International Promotion of Gums), 2014. Guide des bonnes pratiques des gommes-Version 1^{er} Décembre 2014. P.5.
6. P. A. Dakia, B. Wathelet, M. Paquot, 2010. Influence de la teneur en galactose sur les interactions moléculaires et sur les propriétés physico-chimiques des galactomannanes en solution. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2010, 14(1), 213-223
7. V.T.P. Vinod, R.B. Sashidhar, B. Sreedhar. 2010. Biosorption of nickel and total chromium from aqueous solution by gum kondagogu (*Cochlospermum gossypium*): A carbohydrate biopolymer. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, (178) (1/3) pp.851-860.
8. V.T.P. Vinod, R.B. Sashidhar, V.U.M. Sarma, S.U.V.R. Vijaya, *Compositional analysis and rheological properties of gum kondagogu (Cochlospermum gossypium) : a tree gum from India. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, **56**(6), 2199-2207
9. D. Verbeken, S. Dierckx and K. Dewettinck, Exudate gums: occurrence, production, and applications. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2003, 63(1),10-21.
10. P. Bhattacharya, B. Joshi, S.F. Hayat, An improved method of tapping gum from Kullu (*Sterculia urens*), *Forest Trees and Livelihoods*, 2003, 13, 187-196.
11. Kovel Foundation and International Resources Group (IRG). Report on the gum karaya sub-selector in Andhra Pradesh, India. USAID, 2005. <http://www.irgltd.com/Resources/Publications/ANE/India%20Gum%20Karaya%20Report%20v3.pdf>. Agency for International Development (USAID).
12. M. Colin-Henrion, E. Mehinagic, C. Renard, P. Richomme, & F. Jourjon, From apple to applesauce: processing effects on dietary fibres and cell wall polysaccharides. *Food Chemistry*, 2009, 117(2), 254-260
13. N. To., Étude des propriétés rhéologiques des dispersions des particules végétales. Application au comportement des purées de pommes. Influence des paramètres de structure. 2011, Master 2. AgroParisTech, Massy
14. A. Totte, E. Tine., L. Tounkara, L. Mathias, C. Beye. Rapport annuel projet « amélioration des produits et conservation des ressources de *S. setigera*. ISRA/ITA/UCAD, 2005, P. 11.
15. J. Henric. *Sterculia setigera* et la gomme mbepp. *Le flamboyant*, 2001, n° 54, Décembre 2001.
16. Guiraud, *Microbiologie alimentaire. Techniques d'analyse microbiologiques. Ed, 1998, Dunod.*
17. L. Simon, B. Cerles, Gomme xanthane, 2000, consulté le 02 septembre 2018 sur <https://www.techniques-ingenieur.fr/basedocumentaire/procedes-chimie-bio-agro->

- th2/fabrication-des-grands-produits-industriels-en-chimie-et-petrochimie 42319210 /gomme -xanthane-j6670/proprietes-physico-chimiques j6670niv10003.html
18. N. Brahima, Contribution à la modélisation de la cristallisation des polymères sous cisaillement : application à l'injection des polymères semi-cristallins. Thèse de doctorat à l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2007, P 201.
 19. C. Saidou, Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des gommés hydrocolloïdes des écorces de *Triumfetta cordifolia* et *Bridelia thermifolia*. Laboratoire de rhéologie - Sciences de l'ingénieur [physics] / Autre - Université de Grenoble, 2012, consulté le 17 août 2018 sur « <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00870761> ».
 20. J. V. Diaz, G. E. Anthon, & D. M. Barrett, Conformational Changes in Serum Pectins during Industrial Tomato Paste Production. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57(18), 8453-8458
 21. F.Z. Oouerdane, M. Mahfoud, Effets de la viscosité élongationnelle sur l'écoulement à travers une singularité. 20ème *Congrès Français de Mécanique*, Besançon, 2011, 29 août au 2 septembre 2011
 22. G.V.M.M. Babu, N.R. Kumar, K.H. Sankar, B.J. Ram, N.K. Kumar, K.V.R. Murthy, *In vivo* evaluation of modified gum karaya as a carrier for improving the oral bioavailability of a poorly water-soluble drug, Nimodipine. *AAPS PharmSciTech* 2002 ; 3(2), 55-63.
 23. K.-C. Hsu, Evaluation of processing qualities of tomato juice induced by thermal and pressure processing. *Lwt-Food Science and Technology*, 2008, 41(3), 450-459
 24. M. Simon, Production enzymatique d'oligosaccharides à partir de gomme de caroube. Gembloux, Université de Liège. Master bio ingénieur en chimie et bio-industries, 2010 P. 80.
 25. MA Touré, *Sterculia setigera* Del. : étude phytosociologique des populations et de leurs potentialités de production de gomme dans la région de Tambacounda, au Sénégal. Thèse unique, FST/UCAD, Sénégal, 2015, 101p.

Corresponding author: Mamoudou Abdoul TOURE,
Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), BP. 3120 (Sénégal)

Online publication Date: 07.11.2018