



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Activité des enzymes pectolytiques au cours de la maturation et post-maturation du fruit de *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae)

MBAMA OKANDZE<sup>1</sup>, Grace Jokaël ETOU OSSIBI<sup>1,2\*</sup>, Chanelle MVOUMBI TETE<sup>1</sup>,  
Chrichina MBON NGUEKOU<sup>1,2</sup>, Joseph MPIKA<sup>1</sup> et ATTIBAYEBA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Biotechnologie et Production Végétale, Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo.

<sup>2</sup>Pôle de Biologie, Faculté des Sciences Appliquées (FSA), Denis Sassou-N'guesso Université, Kintélé, Congo.

\*Auteur correspondant ; E-mail : [grace.etou-ossibi@udsn.cg](mailto:grace.etou-ossibi@udsn.cg)

Received: 27-06-2024

Accepted: 22-08-2024

Published: 31-08-2024

### RESUME

*Grewia coriacea* Mast. est un arbuste fruitier produisant des fruits comestibles appelés tsu-téké en République du Congo. Cette étude vise à déterminer les changements quantitatifs de l'activité des principales enzymes de la paroi du fruit de *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post-maturation. L'évaluation des activités des enzymes pectolytiques dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande du fruit au cours de sa maturation et sa post-maturation a été faite à partir des dosages au spectrophotomètre. Les résultats ont révélé une augmentation des activités en pectinases, des polygalacturonases, de la pectine lyase et de la cellulase au cours de la maturation, et la diminution de ces enzymes au cours de la post-maturation dans les trois compartiments du fruit. Ces enzymes ont présenté des fortes activités dans le mésocarpe que dans l'épicarpe et l'amande. A la maturité gustative, le mésocarpe avec 0,011  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS est plus riche en pectinestérases que ceux de l'épicarpe et de l'amande avec 0,009  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. Les polygalacturonases, la pectine lyase et la cellulase leurs activités sont aussi plus importantes dans le mésocarpe que dans l'épicarpe et l'amande avec respectivement 0,014 ; 0,011 et 0,007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS pour les polygalacturonases ; 0,0059 ; 0,0043 et 0,0029  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS pour pectine lyase et 0,042 ; 0,035 et 0,028  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS pour la cellulase. L'évaluation du pouvoir antioxydant a révélé une augmentation au cours de la maturation du fruit. Il existe une bonne corrélation linéaire entre les variations de ces enzymes et la maturation du fruit.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** *Grewia coriacea*, maturation, post-maturation, enzymes pectolytique

## Activity of pectolytic enzymes during ripening and post-ripening of *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae) fruit

### ABSTRACT

*Grewia coriacea* Mast. is a fruit shrub producing edible fruits called tsu-téké in the Republic of Congo. This study aims to determine the quantitative changes in the activity of the main fruit wall enzymes of *Grewia coriacea* during ripening and post-ripening. The evaluation of the activities of pectolytic enzymes in the epicarp, the mesocarp and the kernel of the fruit during its ripening and its post-ripening was made from spectrophotometer measurements. The results revealed an increase of activities in pectinases,

polygalacturonases, pectin lyase and cellulase during maturation, and the decrease of these enzymes during post-ripening in the three fruit compartments. These enzymes had strong activities in the mesocarp than in the epicarp and the kernel. At taste maturity, the mesocarp with 0.011  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  of MS extract was richer in pectinesterases than those of the epicarp and almond with 0.009  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  of the MS extract and 0.007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  of the MS extract. The polygalacturonases, pectin lyase and cellulase their activities were also more important in the mesocarp than in the epicarp and the kernel with respectively 0.014; 0.011 and 0.007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  of MS extract for polygalacturonases ; 0.0059; 0.0043 and 0.0029  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  of MS extract for pectin lyase and 0.042; 0.035 and 0.028  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  of MS extract for cellulase. There was a good linear correlation between the variations of these enzymes and fruit ripening.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** *Grewia coriacea*, maturation, post-ripening, pectolytic enzymes.

## INTRODUCTION

Le *Grewia coriacea* est un arbuste de la flore spontanée à multi usage au Congo. Elle est une espèce d'arbre à briquet de la famille des Malvaceae originaire d'Afrique tropicale comme suggèrent Bita et al. (2017). Cet arbre produit des fruits, très consommés par les populations des zones de production. Selon Attibayeba et al. (2007), ces fruits sont riches en métabolites primaires ; la graine étant plus riche en protéines solubles que le mésocarpe et la teneur en glucides augmente au cours de la maturation. En raison de sa valeur nutritionnelle remarquablement élevée, il est considéré comme l'une des espèces vivrières importantes du futur comme le montrent Bita et al. (2017).

Ces fruits produisent des qualités relativement importantes de jus et ils sont largement considérés comme l'un des fruits riches en composés phénoliques comme le montrent Okandzé et al. (2018). Ces qualités nutritionnelles et ces bienfaits pour la santé rendent le jus de *Grewia coriacea* de plus en plus populaire en République du Congo. Il convient ici de remarquer que, même pour les produits de fruits, l'industrie fait appel de plus en plus à des réactions enzymatiques contrôlées. Les enzymes pectolytiques, qui existent dans les fruits eux-mêmes, sont très couramment utilisées pour les opérations d'extraction ou de clarification des jus ou pulpes de fruits (Dupaigne, 1973). Si bien que, la composition et la structure de la paroi cellulaire changent continuellement pendant le développement de la cellule végétale

impliquant une série coordonnée de processus biochimiques dont la biosynthèse des composés de la paroi cellulaires (pectine, cellulose, hémicellulose) pendant la phase de croissance puis leur dégradation pendant la post-maturation du fruit (Goulao et al., 2008). La maturation des fruits est une série coordonnée d'un ensemble de processus biochimiques qui résultent de la synthèse et de la dégradation des pigments, de la conversion de l'amidon en sucre simple, des changements de la fermeté et de la texture, de la production de substances volatiles, de l'augmentation de la respiration des fruits et éventuellement leur sénescence (Speirs et Brady, 1991). Par ailleurs, la fermeté constitue le facteur prépondérant dans la détermination de la qualité organoleptique des fruits ; il apparaît donc que la maîtrise du processus de ramollissement des fruits revêt une importance économique certaine en matière de stockage, de transport et de distribution des fruits. Cependant, au cours de la maturation, les fruits sont exposés à certaines évolutions qui affectent la fermeté, la couleur mais aussi les caractères organoleptiques, en particulier, les arômes (Benchabane, 2007). Au Congo, peu d'études ont été menées sur l'activité des enzymes pectolytiques en maturation et post-maturation de *Grewia coriacea* Mast. Par conséquent, la présente étude visait à déterminer les changements quantitatifs de l'activité des principales enzymes de la paroi du fruit *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post-maturation.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel

#### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé a été constitué des fruits de *Grewia coriacea* récoltés à 09h, en juin 2023 sur un même pied dans la forêt Inga de la localité d'Oweh-Massina. Cette localité est située à 137 km de la ville de Brazzaville. Les fruits récoltés ont été répartis en 5 lots en se basant sur des critères visuels pour établir les différents stades de maturité. Il s'agit de la pigmentation de l'épicarpe du fruit (Figure 1). Ainsi, ces 4 stades de maturité et le stade de post-maturité étaient :

Stade 1. Maturité physiologique (MPH) : les fruits de couleur verte ;

Stade 2. Véraison (VER) : les fruits sont de couleur verte avec des tâches rouge clair ;

Stade 3. Prématurité gustative (PMG) : les fruits de couleur rouge vif ;

Stade 4. Maturité gustative (MG) : les fruits totalement violets ;

Stade 5. Post-maturité (POM) : les fruits de couleur violette avec des tâches noires.

### Méthodes

#### Préparation des extraits du fruit de *Grewia coriacea*

A chaque stade de maturité, les fruits ont été d'abord rincés avec l'eau du robinet, puis séparés en trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande. Chaque partie a été séchée à l'abri de la lumière à la température ambiante du laboratoire. Puis, 25 g de l'épicarpe ou mésocarpe ou de la graine séché ont été broyés dans un mortier à porcelaine et réduite en poudre homogène. Cette poudre obtenue a été conservée dans des flacons teintés secs pour servir aux dosages des composés phénoliques et à l'évaluation de l'activité des enzymes pectolytiques.

#### Activité des Pectinérases (EC.3.1.1.11.)

##### Extraction

L'extraction des pectinérases a été réalisée d'après une technique adaptée de celle décrite par (Attibayeba et Paulet, 2004). Ainsi, 1g de poudre de l'épicarpe, du mésocarpe et de l'amande du fruit de *Grewia coriacea* à

différents stades de maturité a été dissous séparément dans 20 ml de tampon comprenant : Tris-HCl à 0,20 M et du NaCl à 0,3 M ajusté à un pH = 6. Ensuite, le mélange obtenu a été homogénéisé à l'aide d'une centrifugeuse à 5000 trs/min pendant 10 min. Le culot a été éliminé et le surnageant recueilli représente l'extrait enzymatique.

##### Mode opératoire

Pour le dosage, 1 mL de l'extrait enzymatique a été mélangé à 5 ml de l'acide pectique à 1% (préparée dans une solution du NaCl à 0,1 M). Ensuite, le mélange obtenu a été incubé à l'abri de la lumière pendant 20 min à une température ambiante. Après l'incubation, 2 gouttes de phénolphthaléine ont été rajoutées puis titré avec du NaOH à 0,02 M. L'absorbance a été ensuite lue au spectrophotomètre à 530 nm contre un blanc d'eau distillée. L'activité de la pectinérase a été exprimée en  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de matière sèche.

#### Polygalacturonases (EC.3.2.1.15.)

##### Extraction

Pour extraire les polygalacturonases, 1g de poudre de l'épicarpe, du mésocarpe et de l'amande du fruit de *Grewia coriacea* à chaque stade de maturité a été dissous dans 25 mL de tampon phosphate à 0,02 M ajusté à un pH = 6. Le mélange a été ensuite homogénéisé à 5000 trs/min pendant 10 min à l'aide d'une centrifugeuse. Ensuite, le culot a été éliminé et le surnageant a servi pour la mesure de l'activité enzymatique.

##### Mode opératoire

L'évaluation de l'activité des polygalacturonases a été adaptée de la méthode décrite par (Mokemiabeka, 2008). Pour ce faire, 0,5 mL d'extrait enzymatique a été mélangé à 4,5 ml de l'acide pectique à 0,1%. Après incubation pendant 1 heure au bain marie à une température de 37°C, la réaction a été stoppée par addition de 5 mL de DNS, puis chauffée pendant 5 min à l'eau bouillante. Enfin, la solution a été refroidie à l'eau du robinet, puis l'absorbance a été lue à 540 nm en se référant à un témoin dépourvu de l'extrait. Trois répétitions ont été effectuées. L'activité des polygalacturonases a été exprimée en  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de matière sèche.

**Pectine lyase (E.C.4.2.2.10)**

*Extraction*

Pour extraire la pectine lyase, 5 g de poudre de l'épicarpe, du mésocarpe et de l'amande du fruit de *Grewia coriacea* ont été homogénéisés séparément dans 20 mL de tampon Tris – HCl à 0,1 M à pH = 6. Le mélange obtenu a été filtré puis centrifugé à 30000 trs/min pendant 15 min à une température de 4°C. Le surnageant obtenu constituait l'extrait enzymatique.

*Mode opératoire*

L'activité de la pectine lyase a été évaluée selon la méthode décrite par (Mokemiabeka, 2008). Ainsi, 0,2 mL de solution de pectine à 0,5% préparé dans du NaCl à 0,1 M avec 0,25 mL de tampon Tris – HCl à 0,1 M a été mélangé à 0,25 mL d'extrait enzymatique de chaque partie du fruit au cours de la maturité et de la post-maturité. Le mélange obtenu a été incubé au bain marie pendant 1 heure à une température de 37°C. Après incubation, 0,1 mL de la solution incubée a été prélevé, puis mélangé avec 0,5 mL de HCl à 0,5 N et 1 mL d'acide thiobarbiturique (TBA) à 0,01 M. Ensuite, le mélange a été à nouveau porté au bain marie bouillant pendant 45 min puis refroidi dans la glace. Après refroidissement, le mélange a été décanté pendant 1 heure, la densité optique du surnageant obtenu a été mesurée à une longueur d'onde de 547 nm contre un blanc ayant subi le même traitement sans l'extrait enzymatique. L'activité de la pectine lyase a été exprimée en  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de matière sèche.

**Cellulase (E.C.3.2.1.4)**

*Extraction*

L'évaluation de l'activité la cellulase a été adoptée selon la méthode de (Ma'an et al.,

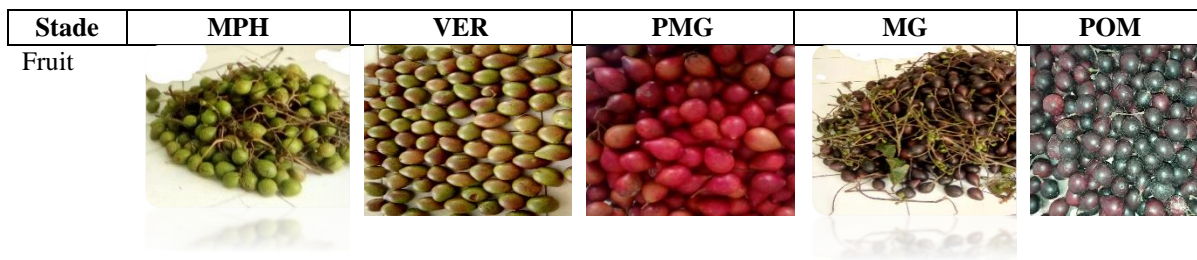
2011). A chaque stade de maturité et de la post-maturité, 1g de poudre de l'épicarpe, du mésocarpe et de l'amande du fruit de *Grewia coriacea* a été dissous dans 20 mL de tampon phosphate à 0,02 M à pH = 6. Le mélange a été homogénéisé à 30000 trs/min pendant 10 min à l'aide d'une centrifugeuse. Ensuite, le culot a été ensuite éliminé et le surnageant obtenu représentait l'extrait enzymatique.

*Mode opératoire*

La mesure de l'activité de la cellulase dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande du fruit de *Grewia coriacea* à chaque stade de maturité a été faite à partir d'un mélange de 0,5 ml d'extrait enzymatique de chaque partie du fruit avec 4,5 mL d'une solution de carboxyméthylcellulose. Ensuite, le mélange a été incubé pendant 1 heure au bain marie à une température de 37°C. Après l'incubation, la réaction a été stoppée par l'addition de 5 ml du réactif de l'acide dinitrosalicylique (DNS). En effet, le mélange a été chauffé à l'eau bouillante pendant 5 minutes puis refroidi à l'eau du robinet. Enfin, la densité optique a été mesurée à une longueur d'onde de 540 nm contre un témoin préparé dans les mêmes conditions sans extrait enzymatique. L'activité de la cellulase est exprimée en équivalent de sucre réducteur (glucose) libéré en  $\mu\text{mole min}^{-1} \text{ml}^{-1} \text{g}^{-1} \text{MS}$ .

*Analyse statistique des résultats*

Le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences), version 22.0 a été utilisé pour analyser les données collectées. Les moyennes des concentrations ont été comparées d'abord selon le test ANOVA à 1 facteur. Puis, lorsque les différences ont été détectées, les comparaisons ont été faites selon le test de Student Newman & Keuls. Le niveau de significativité a été fixé à  $p < 0,05$ .



**Figure 1** : Stades de maturité et post-maturité du fruit de *Grewia coriacea* Mast.

## RÉSULTATS

### Mesure de l'activité de la pectinestérase

La Figure 2 nous montre des variations de l'activité de la pectinestérase dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande du fruit de *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post-maturation. L'évaluation de l'activité de la pectinestérase a révélé une augmentation significative ( $p < 0,005$ ) de l'activité dans les trois compartiments au cours de la maturation. Cette activité a été plus importante dans le mésocarpe au stade de maturité gustative avec respectivement 0,011  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. Les fortes activités en pectinestérase ont été observées dans le mésocarpe du fruit à la MPH, à la VER, à la PMG et à la MAG avec des valeurs respectives de 0,004  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,006  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,009  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,011  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. Par contre, à la POM, la forte activité a été observée dans le mésocarpe avec une valeur de 0,003  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS (Tableau 1). Et les plus faibles activités ont été observées dans l'amande au cours de la maturation respectivement 0,002  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,003  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,005  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,0005  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS (Tableau 1).

Cette activité enzymatique diminuait dans les trois compartiments à la post-maturité avec une très faible dans l'amande avec 0,0005  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS (Figure 2). Les analyses statistiques ont révélé un effet « compartiment » significatif au seuil de 5% selon les tests d'Anova et de Student Newman & Keuls (Tableau 1). A maturité physiologique, les analyses de variance mettent en évidence l'existence d'un seul groupe homogène (a) de l'activité en pectinestérase. Par contre, en analysant les données de cette activité dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande, à la véraison, la prématurité gustative, la maturité gustative et la post-maturation, on peut dire qu'il existe deux groupes homogènes (a et b) par rapport à la variation de l'activité en pectinestérase. Le groupe (a) a été formé par l'épicarpe et le

mésocarpe aux différents stades de maturité et à la post-maturité. Ce groupe a été caractérisé par des fortes activités en polygalacturonases. Le groupe b, a été représenté par l'activité en pectinestérase dans l'amande. Il a été marqué par des faibles activités (Tableau 1).

### Mesure de l'activité des polygalacturonases

La Figure 3 illustre l'activité en polygalacturonases dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande au cours de la maturation et à la post-maturité du fruit de *G. coriacea*. Il ressort de cette figure que l'activité en polygalacturonases augmentait au cours de la maturation dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande. A la MPH, la VER, la PMG, la MAG et la POM, les fortes activités en polygalacturonases ont été observées dans le mésocarpe avec respectivement 0,003  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,006  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,010  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,014  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. Par contre, l'activité en polygalacturonases a baissé dans les trois compartiments du fruit à la post-maturité. Il a été observé les faibles activités dans l'amande de ces cinq stades avec des valeurs respectives de 0,001  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,002  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,005  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,002  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS (Figure 2).

A tous les stades de maturité et à la post-maturité, les analyses statistiques ont relevé un effet « compartiment fruit » significatif au seuil de 5% selon le test de Student Newman & Keuls.

Les analyses de variances ont mis en évidence l'existence de deux groupes homogènes de l'activité en polygalacturonases (a et b). Le groupe (a) a été formé par l'épicarpe et le mésocarpe aux différents stades de maturité et à la post-maturité. Ce groupe a été caractérisé par des fortes activités en polygalacturonases. Le groupe b, a été représenté par l'activité en polygalacturonases dans l'amande. Il a été marqué par des faibles activités (Tableau 2).

### Mesure de l'activité de la pectine lyase

L'activités de la pectine lyase dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande du fruit de *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post-maturation est présentée dans la Figure 4. Dans le mésocarpe, il ressort une augmentation d'activité de la pectine lyase dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande du fruit de *Grewia coriacea* au cours de la maturation. Les activités en pectine lyase plus importantes ont été observées dans l'épicarpe et le mésocarpe que dans l'amande avec respectivement de 0,0010  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,0014  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS contre 0,0006  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. La forte activité de la pectine lyase a été enregistrée à la maturité gustative. A la maturité physiologique, l'activité en pectine lyase a varié de 0,0006  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS à 0,0014  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. Cette a été de 0,0010  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,0010  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS dans l'amande et le mésocarpe du fruit à la véraison. A la maturité pré-gustative, la maturité gustative et la post-maturation, il a été observé une forte activité en pectine lyase dans le mésocarpe. A maturité pré-gustative, l'activité en pectine lyase a varié dans l'amande, l'épicarpe et le mésocarpe avec respectivement de 0,0021  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,0032  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,0040  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS. Cette activité a été de 0,0029  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,0043  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,0059  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS, respectivement dans l'amande, l'épicarpe et le mésocarpe du fruit à maturité gustative. Dans ces trois compartiments du fruit, une baisse d'activité enzymatique a été observée à la post-maturation. Il a été de même pour la post-maturation, l'activité en pectine lyase a varié dans l'amande, l'épicarpe et le mésocarpe avec des valeurs respectives 0,0007  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,0019  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,0029  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS (Tableau 3).

Les analyses statistiques ont révélé un effet compartiment significatif au seuil de 5% selon les tests Student Newman & Keuls (Tableau 3). A maturité physiologique et à la

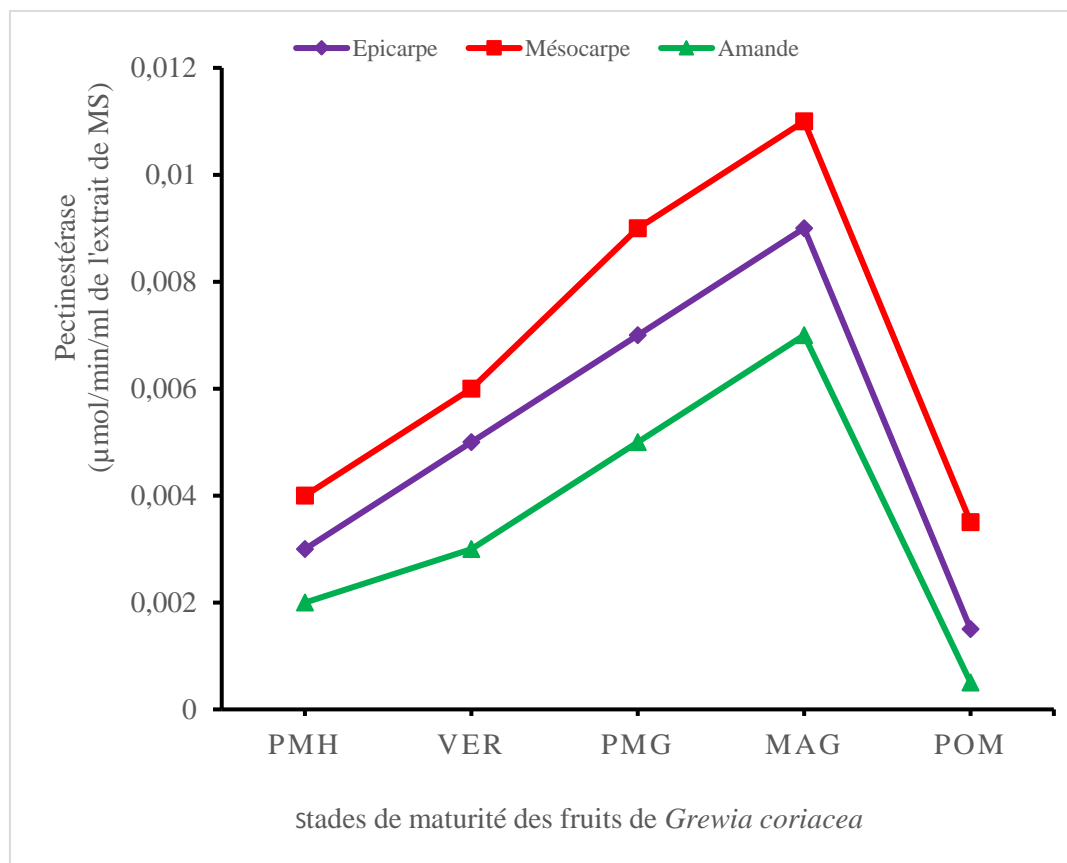
véraison, les analyses de variance mettent en évidence l'existence d'un groupe homogène (a) de l'activité en pectine lyase. L'activité en pectine lyase a été statistiquement égale dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande.

A la maturité pré gustative et la post-maturation, les analyses de variance ont mis en évidence l'existence de deux groupes homogènes d'activité en pectine lyase (a et b). L'activité en pectine lyase la plus marquée a été observée dans l'épicarpe et le mésocarpe du fruit (groupe a).

### Mesure de l'activité de la cellulase

La Figure 5 a révélé une augmentation d'activité de la cellulase de la maturité physiologique à la maturité gustative. A la maturité gustative, il a été enregistré l'activité en cellulase de 0,0423  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,0354  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,0282  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS dans le mésocarpe, l'épicarpe et l'amande (Figure 5). Cette activité a été plus élevées à celle observées à la maturité physiologique, la véraison, la pré maturité gustative et à la post-maturation. A tous les stades de maturité et de post-maturation du fruit, la faible activité en cellulase a été observée dans l'amande du fruit à la maturité physiologique, la véraison, la prématurité gustative, la maturité gustative et la post-maturation avec des valeurs respectives de 0,004  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,011  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,019  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS ; 0,028  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS et 0,012  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml}$  de l'extrait de MS (Figure 5).

Les analyses statistiques ont révélé un effet compartiment significatif au seuil de 5% selon le test de Student Newman & Keuls (Tableau 4). A la maturité physiologique, la véraison et la post-maturation, l'activité en cellulase n'a pas permis de discriminer l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande (Tableau 4). A la prématurité gustative et la maturité gustative, les tests d'Anova et de Student Newman & Keuls révèlent un effet compartiment significatif au seuil de 5% et mettent en évidence l'existence de deux groupes homogènes d'activité en pectine lyase (a et b) (Tableau 4).



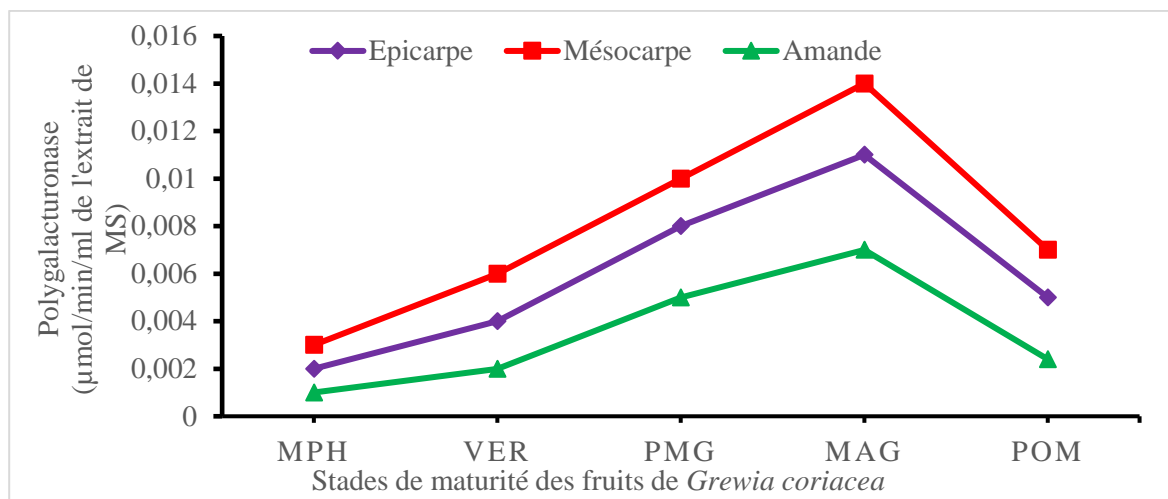
**Figure 2** : Activité de la pectinestérase dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande des fruits au cours de la maturation et de la post – maturation.

**Tableau 1** : Classification de l'activité de la pectinestérase à différents stades de maturité et post-maturité du fruit de *Grewia coriacea* Mast.

Compartiments	Stade de maturité et de post-maturité				
	MPH	VER	PMG	MAG	POM
Epicarpe	0,003 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>	0,007 <sup>a</sup>	0,009 <sup>a</sup>	0,001 <sup>a</sup>
Mésocarpe	0,004 <sup>a</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,009 <sup>a</sup>	0,011 <sup>a</sup>	0,003 <sup>a</sup>
Amande	0,002 <sup>a</sup>	0,003 <sup>b</sup>	0,005 <sup>b</sup>	0,007 <sup>b</sup>	0,0005 <sup>b</sup>

MPH\* : Maturité physiologique ; VER \* : Véraison ; PMG : Prématurité gustative ; MAG\* : Maturité gustative ; POM : Post-maturation.

Les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman & Keuls



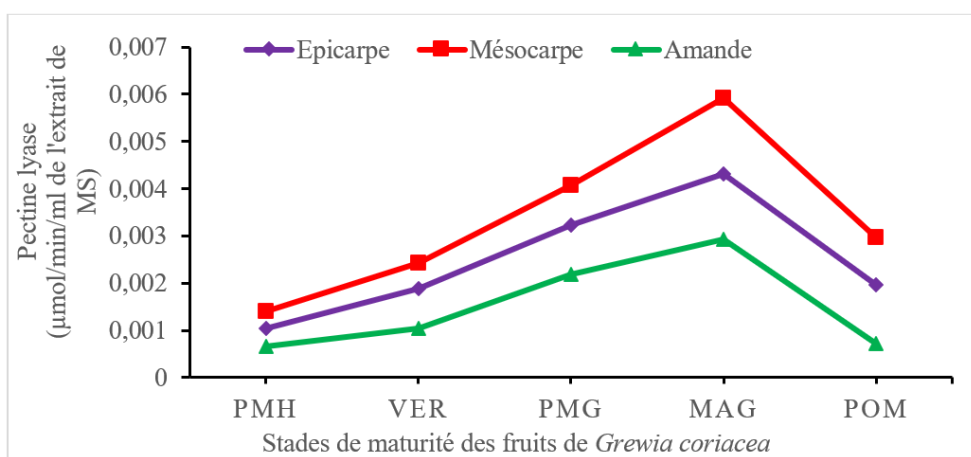
**Tableau 2 :** Classification de l’activité de la polygalacturonase à différents stades de maturité et post-maturité du fruit de *Grewia coriacea* Mast.

**Figure 3 :** Activité de la polygalacturonase dans l’épicarpe, le mésocarpe et l’amande des fruits de *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post – maturation.

Compartiments	Stades de maturité et de post-maturité				
	MPH	VER	PMG	MAG	POM
Epicarpe	0,002 <sup>a</sup>	0,004 <sup>a</sup>	0,008 <sup>a</sup>	0,011 <sup>a</sup>	0,005 <sup>a</sup>
Mésocarpe	0,003 <sup>a</sup>	0,006 <sup>a</sup>	0,01 <sup>a</sup>	0,014 <sup>a</sup>	0,007 <sup>a</sup>
Amande	0,001 <sup>a</sup>	0,002 <sup>b</sup>	0,005 <sup>b</sup>	0,007 <sup>b</sup>	0,002 <sup>b</sup>

MPH : Maturité physiologique ; VER : Véraison ; PMG : Prématurité gustative ; MAG : Maturité gustative ; POM : Post-maturation

Les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman & Keuls



**Figure 4 :** Activité de la pectine lyase dans l’épicarpe, le mésocarpe et l’amande des fruits de *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post – maturation.

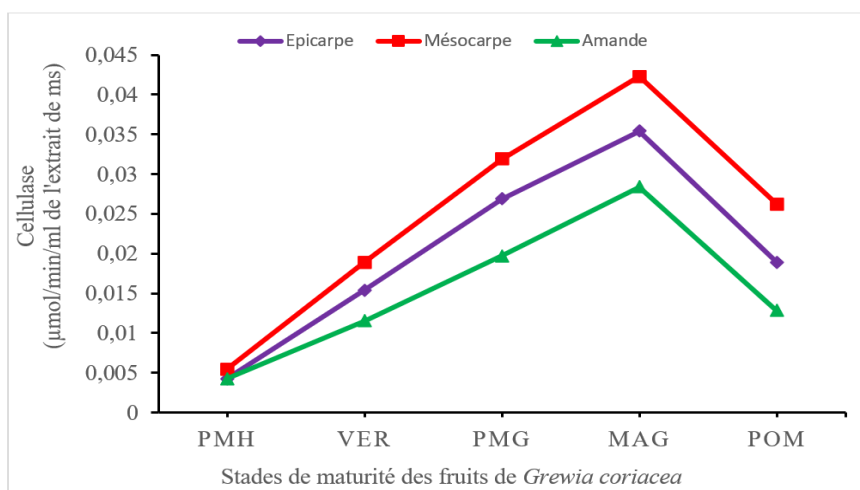


**Tableau 3 :** Classification de l'activité de la pectine lyase à différents stades de maturité et post-maturité du fruit de *Grewia coriacea* Mast.

Compartiments	Stades de maturité et de post-maturité				
	MPH	VER	PMG	MAG	POM
Epicarpe	0,0010 <sup>a</sup>	0,0018 <sup>a</sup>	0,0032 <sup>a</sup>	0,0043 <sup>b</sup>	0,0019 <sup>a</sup>
Mésocarpe	0,0014 <sup>a</sup>	0,0024 <sup>a</sup>	0,0040 <sup>a</sup>	0,0059 <sup>a</sup>	0,0029 <sup>a</sup>
Amande	0,0006 <sup>a</sup>	0,0010 <sup>a</sup>	0,0021 <sup>b</sup>	0,0029 <sup>c</sup>	0,0007 <sup>b</sup>

MPH\* : Maturité physiologique ; VER \* : Véraison ; PMG : Prématurité gustative ; MAG\* : Maturité gustative ; POM : Post-maturation.

Les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman & Keuls



**Figure 5 :** Activité de la cellulase dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande des fruits de *Grewia coriacea* au cours de la maturation et de la post – maturation.

**Tableau 4 :** Analyses statistiques de l'activité de la cellulase à différents stades de maturité et post-maturité du fruit de *Grewia coriacea* Mast.

Compartiments	Stades de maturité et de post-maturité				
	MPH	VER	PMG	MAG	POM
Epicarpe	0,004a	0,015a	0,026a	0,035a	0,018a
Mésocarpe	0,005a	0,018a	0,031a	0,042a	0,026a
Amande	0,004a	0,011a	0,019b	0,028b	0,012a

MPH\* : Maturité physiologique ; VER \* : Véraison ; PMG : Prématurité gustative ; MAG\* : Maturité gustative ; POM : Post-maturation.

Les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Student Newman & Keuls.

## DISCUSSION

Le dosage par spectrométrie UV-visible a révélé une augmentation des activités des enzymes pectolytiques (pectinestérase, polygalacturonases, pectine lyase et cellulase) dans l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande au

cours de la maturation du fruit de *Grewia coriacea*. Elles s'accumulent plus dans l'épicarpe et le mésocarpe que dans l'amande. Dans ce sens, Mustafa et al. (1986) rapportent que les activités des enzymes pectolytiques augmentent, au cours de la maturation des

dattes. Benchabane et al. (2006) ont montré également une augmentation de ces activités enzymatiques au cours de la maturation du fruit. Ces résultats sont analogues à ceux obtenus par Benchabane et al. (2006). Ces auteurs ont montré qu'au cours de développement de la datte, les activités des enzymes pectolytiques augmentent pour atteindre des activités maximales au stade de maturité gustative. L'augmentation des activités des enzymes pectolytiques peut être aussi due à la synthèse de nouvelles protéines durant la maturation. Cette augmentation pourrait aussi s'expliquer par une forte présence de structures fibrillaires dans des vésicules du fruit à maturité gustative. Ces structures fibrillaires constitueraient de substrats à digérer par les enzymes pectolytiques. Concernant l'effet compartimental, nos résultats montrent bien que les activités de pectinestérase, polygalacturonases, pectine lyase et cellulase s'intensifient beaucoup plus dans le mésocarpe et la pulpe (exocarpe) que dans l'amande. Ces résultats confirment dans une part la présence de la lignine dans l'amande rendrait cette dernière dure et d'autre par le sclérenchyme qui forme l'exocarpe. Des résultats similaires ont été obtenus par Wolf et al. (2009). Il faut aussi noter que les activités des enzymes pectolytiques varient avec les changements structuraux du compartiment du fruit. Par ailleurs, les activités de pectinestérase, polygalacturonases, pectine lyase et cellulase diminuent à la post maturation dans les trois compartiments du fruit (épicarpe, mésocarpe et amande). Des résultats similaires ont été obtenus par El-Zoghbi (1994) chez dattes. Cette diminution des activités enzymatiques serait due par la réduction de l'épaisseur en lien avec la quantité de structures fibrillaires. Parallèlement, les activités de pectinestérase, des polygalacturonases, de la pectine lyase et de la cellulase variaient dans le même sens. Ces résultats confirmeraient l'action concomitante de ces enzymes, en dégradant les structures fibrillaires. L'action de ces enzymes faciliterait et entraînerait la dégradation de structures fibrillaires entraînant ainsi le ramollissement du fruit (Lacampagne, 2010). Dans ce sens, il est suggéré que les enzymes pectolytiques jouent un rôle réduit dans le processus de ramollissement des fruits. Toutefois, les travaux de Ketsa et Daengkanit (1999) montrent que le ramollissement des fruits

nécessite l'action intégrée des enzymes pectolytiques (pectinestérase, des polygalacturonases, de la pectine lyase et de la cellulase). De même, il a été supposé que la dissolution de la lamelle moyenne et la désintégration des parois cellulaire au cours de la maturation serait à l'origine du ramollissement (Knee et al. 1991).

## Conclusion

La méthode de dosage par spectrophotomètre a permis de mettre en évidence les activités des enzymes pectolytiques de l'épicarpe, le mésocarpe et l'amande du fruit de *Grewia coriacea* Mast. Le mésocarpe et l'épicarpe ont exprimé une forte activité aux enzymes pectolytiques. Dans ces trois compartiments, les pectinés lyases, polygalacturonases, pectine lyase et cellulase s'accumulent au cours de la maturation du fruit. Il est observé des faibles activités de ces enzymes dans l'amande à la post-maturation. Il existe une bonne corrélation linéaire entre les variations de ces enzymes et la maturation du fruit.

## CONFLIT D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Att a conçu le projet de recherche et corrigé le manuscrit. GJEO et CMT ont exécuté ce projet et rédigé le manuscrit. MO et CMN ont manipulé au laboratoire. JM a analysé les résultats obtenus.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions sincèrement le laboratoire de Biotechnologie et Production Végétales de la Faculté des Sciences et Techniques de l'université MARIEN NGOUABI, et le Pôle de Biologie de la Faculté des Sciences Appliquées de l'université DENIS SASSOU-N'GUESSO pour nous avoir permis de réaliser ces dosages par leurs soutiens multiformes.

## RÉFÉRENCES

Attibayeba, Paulet, 2004. Activités enzymatiques et floraison in vitro de fragment de racines de *Cichorium intybus* L.: effet d'un apport exogène de molécules organiques. *Annales de*

- l'Université Marien NGOUABI*, **5**(1): 215-224.
- Attibayeba, Ngantsoue L, Essamambo F, Nkourissa AC, 2007. Changes in the chemical composition of the fruits of *Grewia coriacea* Mast. during développement and ripening. *Fruits*, **62**(6): 369-374.
- Benchabane A, Abbeddou S, Bellal MM, Thibault J-F, 2006. Evolution des pectines et des activités polygalacturonases au cours de la Maturation de la Datte *Deglet-nour*. *Sciences des Aliments*, **26**(3): 233-246.
- Benchabane A, 2007. Composition Biochimique de la datte (Deglet-nour): Evolution en fonction de la maturité et Formation de la Couleur et des Romes. Thèse de Doctorat, Science Agronomique, Algérie: Institut National Agronomique El-Harrach 123p.
- Bitá AM, Mpika J, Saya RA, Ngantsoue L, Attibayeba, 2017. Evaluation des conditions de germination des noyaux de *Grewia coriacea* Mast. (Malvaceae). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(6): 2809-25. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.20>
- Dupaigne P, 1973. Quelques applications industrielles de produits entrant dans la composition des fruits: enzymes. *Fruits*, **28** (4): 305-318.
- El-zoghbi M. 1994. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. *J. Food Chem.*, **49**: 33-37.
- Goulao LO, Oliveira CM, Goho., 2008. Cell wall modifications during fruit ripening when a fruit is not the fruit. *Trens in Food Science and Technology*, **19**: 4-25.
- Kestsas S, Chidtragool S, Lurie S. 1998. Effect of heat treatment on changes in softening, pectic substance and activities of polygalacturonase, pectinesterase and galacturonase of ripening. *J Plant Physiol.*, **153**: 454-461.
- Knee M, Paull R E, Ben-arie R Hawker J S., 1991. Enzymes in fruit. In *Food Enzymology*, Fox PF (Ed). Elsevier Applied Science: Londo; 545-598.
- Lacampagne S, 2010. Localisation et caractérisation des tanins dans la pellicule du raisin. Thèse de doctorat, Sciences et Technologie, Bordeaux université Victor Segalen Bordeaux 2 271p.
- Ma'an A, Rasha Mohammed AM, zahangir A, Hamzah MS, 2011. Enzymatic hydrolysis of oil palm empty fruit bruch using immobilized cellulase. *Africa Journal of Biotechnology*, **10** 81:18811-5.
- Mokemiabeka SN. 2008. Evolution des enzymes et production des exopolysaccharides au cours de la fermentation des feuilles de manioc en ntoba mbodi. D.E.A, Faculté des Sciences et Techniques, République du Congo: Université MARIEN NGOUABI 33p.
- Mustafa A B, Johnson D E., 1988. Biochemical changes during ripening of some Sudanese date Varieties. *J. Sci. Food Agri*, **37**: 43-53.
- Okandzé M, Mpika J, Andzouana M, Attibayéba., 2018. Variation des Teneurs en Composés Phénoliques au cours de la Maturation des Fruits de *Grewia coriacea*. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **24**:1849-58.
- Speirs J, Brady CJ. 1991. Modification of Gene Expression in ripening. *Australian Journal of Plant Physiology*, **18**(5): 519-32.
- Wolf S, Mouille G, Pelloux J. 2009. Homogalacturonan methyl-esterification and plant development. *Molecular Plant*.