



Evaluation du brunissement de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation

Yahiaoui K.¹, Bouchenak O.², Arab K.³, Benchabane A.⁴

¹Laboratoire Technologie Alimentaire, Faculté de Technologie, Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, Algérie.

²Laboratoire Bio-informatique, Microbiologie Appliquée et Biomolécules, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, Algérie.

³Laboratoire Valorisation et Conservation des Ressources Biologiques, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara de Boumerdes, Algérie.

⁴Département de Technologie Alimentaire, ENSA, Algérie.

Tél : 00 213 (0) 772837916. E-mail : k.yahiaoui@univ-boumerdes.dz

ARTICLE INFO

Article :

Reçu le : 01/05/2020

Accepté le : 03/07/2020

Mots

polyphénoloxydase, datte Deglet-Nour, composés phénoliques, tanins condensés, vitamine C.

clés :

polyphénoloxydase, datte Deglet-Nour, composés phénoliques, tanins condensés, vitamine C.

Keywords:

polyphenoloxidase, Deglet-Nour date, phenolic compound, condensed tannins, vitamin C.

RESUME

Ce travail a pour objectif d'étudier, au cours de la maturation de la datte Deglet-Nour, l'activité de la polyphénoloxydase (P.P.O.), l'évolution du brunissement enzymatique, et les facteurs influençant tels que l'acide ascorbique. La caractérisation de la P.P.O. a permis de déterminer les conditions optimales d'activités totales de cet enzyme, à savoir un pH de 5,5 et une température de 35°C. Les teneurs en composés phénoliques totaux sont dominantes au stade Kimri (70 µg d'acide gallique/ ml), puis diminuent graduellement pour atteindre une valeur de 47 µg d'acide gallique/ ml au stade Tamar. La teneur en tanins condensés augmente durant la maturation pour atteindre une valeur de 72 µg d'acide tannique/ml au stade Routab, puis diminue au stade Tamar (70,4 µg d'acide tannique/ ml). Alors que, la teneur en vitamine C est maximale au premier stade de maturation mais diminue pour atteindre une valeur minimale de 2,5 mg/100g de PF au stade Tamar.

ABSTRACT

The purpose of this study is to research the behaviour of polyphenoloxidase (P.P.O.), the evolution of enzymatic browning and the factors affecting such as ascorbic acid, during the maturation of the date Deglet-Nour. The characterization of P.P.O. specify the optimal conditions for the total activity of this enzyme, pH 5.5 and temperature 35 ° C. Total phenolic compound contents are dominant at the Kimri stage (70 µg gallic acid / ml), then decrease to a value of 47 µg gallic acid / ml at the Tamar stage. The concentration of condensed tannins increases during maturation to a value of 72 µg tannic acid / ml at the Routab stage; then decreases at the Tamar stage (70.4 µg tannic acid / ml). Although vitamin C content is highest at the first stage of maturation, it decreases to a minimum value of 2.5 mg / 100 g fresh weights at the Tamar stage.

1. INTRODUCTION

Les réactions du brunissement sont largement rencontrées dans les produits alimentaires et constituent avec d'autres propriétés organoleptiques la base d'acceptabilité de l'aliment puisqu'ils affectent la qualité nutritionnelle et l'apparence de l'aliment (Macheix et al., 1990). Ces réactions sont attribuées aux réactions enzymatiques et non enzymatiques. Par ailleurs, les végétaux supérieurs possèdent la lignine, les polyphénols solubles: acides phénoliques, flavonoïdes (flavones, isoflavones et coumestanes), flavonoïdes (anthocyanes, pro anthocyanes et catéchines) et tanins (condensés ou hydrolysables) (Burta et al., 2008). La biosynthèse de toutes ces substances est contrôlée génétiquement à la fois en quantité et en qualité pour le nombre, la position et les modes de glycosylation. Certains polyphénols pourraient exister à l'état d'aglycone. Ces composés interviennent sur la flaveur des aliments, soit de l'action directe de ces polyphénols, soit de celle de leurs produits de dégradation. Parmi ceux-ci, les produits de dégradation oxydative sont très fréquents. Il peut y avoir formation de polymères ou tanins de couleur brune plus ou moins foncée qui sont susceptibles soit d'adsorber, soit de se lier de façon covalente à de nombreuses substances, en particulier les protéines (Chofran, 2010).

En conséquence, les réactions du brunissement enzymatique prennent place dans le matériel végétal lorsque les cellules du tissu sont endommagées, ce qui conduit au contact accidentel, facile et surtout non contrôlé du substrat et l'enzyme (Aka, 2011). Ce phénomène est le résultat de l'oxydation enzymatiques des composés phénoliques en quinones qui se polymérisent en produits bruns (Goupy et al., 1990). Ainsi, les composés phénoliques contribuent inéluctablement aux réactions d'oxydation du brunissement.

Dans ce sens, le palmier dattier constitue à la fois le symbole et la charpente de l'écosystème Oasien, où la température moyenne est suffisante pour assurer la maturité des dattes nobles tel que la datte Deglet-Nour. L'objectif de cette étude est de déterminer les différents paramètres affectant l'activité de la polyphénoloxydase, ainsi que d'établir une relation entre le degré du brunissement, composé phénolique et l'enzyme d'oxydation contenue dans la datte, ce qui peut conduire à une meilleure compréhension du rôle biochimique et physiologique du brunissement de la datte.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel végétal

Les analyses ont porté sur la variété Deglet-Nour récoltée à différents stades de maturité, dans une palmeraie d'El-Oued. Les échantillons prélevés, au hasard, sont conservés à -18°C jusqu'à analyse. Les stades de maturité, identifiés nominalement, sont les suivants :

- Stade I (HABABOUK) : ce stade commence juste après la fécondation. A ce stade, le fruit est entièrement recouvert par le périanthe et se caractérise par une croissance lente ;
- Stade II (KIMRI, BLAH ou stade vert) : ce stade se caractérise par sa couleur verte, une accumulation des sucres réducteurs, une forte acidité accompagnée d'une teneur en eau très élevée ;
- Stade III (KHALAL ou B'SSER) : au cours de ce stade, la couleur du fruit passe du vert au jaune clair, puis vire au jaune. Il se caractérise par une légère diminution de la vitesse d'accroissement du poids et de la taille du fruit, accompagnée d'une augmentation rapide de la concentration des sucres, de l'acidité active et d'une diminution de la teneur en eau ;
- Stade IV (ROUTAB ou MARTOUBA) : ce stade se caractérise par la perte de la turgescence du fruit suite à la diminution de la teneur en eau et l'augmentation de la teneur en monosaccharides qui donne un goût sucré au fruit ;
- Stade V (TAMAR, T' MAR ou stade mûr) : c'est le stade final de la maturation du fruit au cours duquel ce dernier perd une quantité importante d'eau, ce qui donne un rapport sucre/eau élevé, permettant d'éviter la fermentation et d'assurer la conservation du fruit.

2.2. Extraction et mesure de l'activité de la polyphénoloxydase (P.P.O.)

L'extraction, la mesure de l'activité et la caractérisation de cette enzyme sont réalisées selon les méthodes préconisées par GOUPY et al. (1994).

Des dattes (7g) congelées et dénoyautées sont homogénéisées et broyées dans un mortier pendant 3 minutes, dans 20 ml de tampon phosphate, pH 7, contenant 5% (P/V) de polyvinylpyrrolidone. L'ensemble est centrifugé pendant 30 minutes à 33000 g, à 4°C. Le surnageant obtenu est filtré sur papier Wathman. Le filtrat récupéré représente l'extrait enzymatique total.

L'activité enzymatique est estimée en utilisant le catéchol comme substrat. A 50 µl de solution de catéchol (1,66 mM) sont ajoutés 500µl d'extrait enzymatique total et 2,45ml de tampon phosphate pH 7. Le milieu réactionnel (3 ml) est placé dans un bain-marie à 30°C. La lecture de l'absorbance à 430 nm se fait toutes les 20 secondes pendant 13 min.

La détermination de l'activité de la P.P.O est réalisée par la mesure de la vitesse initiale de la réaction enzymatique par la méthode spectrophotométrique. L'absorbance à $\lambda = 430$ nm est enregistrée en continu dès le démarrage de la réaction. La vitesse initiale (V_i) est donnée par la pente de la tangente à l'origine.

Une unité de l'activité de la P.P.O est définie comme étant la quantité d'enzyme qui provoque une augmentation de l'absorbance (à $\lambda = 430$ nm) par minute, sous les conditions expérimentales. L'activité enzymatique est exprimée en μ DO/min.

2.2.1. Etude des facteurs influençant l'activité de la P.P.O

pH: la plupart des enzymes présentent un pH optimal caractéristique, pour lequel l'activité enzymatique est maximale. Pour la PPO, la détermination du pH se fait en variant le pH du milieu réactionnel dans la gamme pH 2-8.

Température : la température optimale d'activité de la P.P.O est obtenue en réalisant une série d'expériences dans l'intervalle de températures (15°C à 70°C). Les autres conditions opératoires sont identiques pour tous les essais.

2.3. Dosage des composés phénoliques totaux

Les composés phénoliques totaux sont déterminés par la méthode colorimétrique basée sur l'utilisation du réactif de Folin-Ciocalteu proposée par Singleton et Rossi (1965) et Ribereau-Gayon (1970). Dans une fiole jaugée, 0,2ml de jus de datte (solution clarifiée) sont mélangés avec 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu, puis complétés avec une solution de carbonate de sodium (4,25 %) (q.s.p: 20ml). Un témoin (eau distillée) est préparé dans les mêmes conditions.

Les échantillons sont portés au bain-Marie à 70°C pendant 20 mn afin de stabiliser la réaction. Après refroidissement, la lecture de la D.O à 760 nm est effectuée par rapport au témoin. La teneur en composés phénoliques totaux est donnée par un indice (Indice de Folin-Ciocalteu) et les résultats sont exprimés par rapport à un l'acide gallique pris comme polyphénol standard, à partir d'une courbe étalon établie dans les mêmes conditions (0 à 100 µg/ml). Le taux des composés phénoliques est exprimé en degré ou en µg d'acide gallique/ml.

2.4. Dosage des tanins condensés

La détermination des tanins condensés est réalisée selon la méthode colorimétrique de Folin-Denis, décrite par Joslyn (1970). Elle est basée sur la réduction de l'acide phosphomolybdique et tungstique en milieu alcalin, en présence de tanins, pour donner une coloration bleue dont l'intensité est mesurée à 760 nm. Ainsi, 1 ml de solution de datte clarifiée, 5 ml du réactif de Folin-Denis et 10 ml de solution saturée de carbonate de sodium (CO_3Na_2) sont mélangés dans une fiole de 100 ml. La suspension complétée avec de l'eau distillée est soumise à une agitation magnétique. Après un repos de 30 mn, la D.O. de la solution est mesurée à 760 nm.

En parallèle, une gamme étalon à partir d'acide tannique à 1% est établie.

2.5. Dosage de l'Acide ascorbique

Des dattes broyées (10 g) sont dispersés dans 20 ml d'eau distillée contenant 4% d'acide oxalique. Le mélange est filtré sur papier Whatman n°2, et le filtrat est complété jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée. La densité optique est mesurée à 270 nm. Le résultat s'exprime en mg d'acide ascorbique pour 100 mg de matière fraîche, à partir d'une courbe étalon d'acide ascorbique (Loshner et al.,1990).

2.6. Intensité de la coloration

Des dattes dénoyautées (04 g) sont broyées dans un mortier. Après dissolution dans une fiole de 200 ml avec de l'eau chaude, la solution est refroidie, puis ajustée avec de l'eau distillée. Afin d'éliminer les substances (fibres, pectines) ayant des interférences avec l'intensité de la coloration, la suspension est clarifiée par ajout d'une solution d'acétate de plomb suivie d'une filtration. Le pH du filtrat est ajusté à 6,3 par addition d'une solution de tampon phosphate (0,2 M). 1 ml de cet extrait est dilué (1%) dans l'eau distillée. L'absorbance est mesurée à 270 nm (Dowson et Aten, 1962).

2.7. Analyse statistique

Les résultats sont traités par une analyse de variance suivie d'une comparaison de moyenne par le biais du logiciel (Statistica 6.0) à une probabilité de (0,05).

3. RESULTATS

3.1. Evaluation de l'activité de la P.P.O au cours de la maturation

L'activité de la P.P.O. est présente dans la datte Deglet-Nour. Elle est de $0,12 \pm 0,04$ U/datte au stade Hababouk, puis augmente graduellement pour atteindre une valeur de $0,41 \pm 0,06$ U/datte au stade Routab ($p < 0,05$). Elle se stabilise autour de cette valeur au dernier stade de maturation (Figure 1).

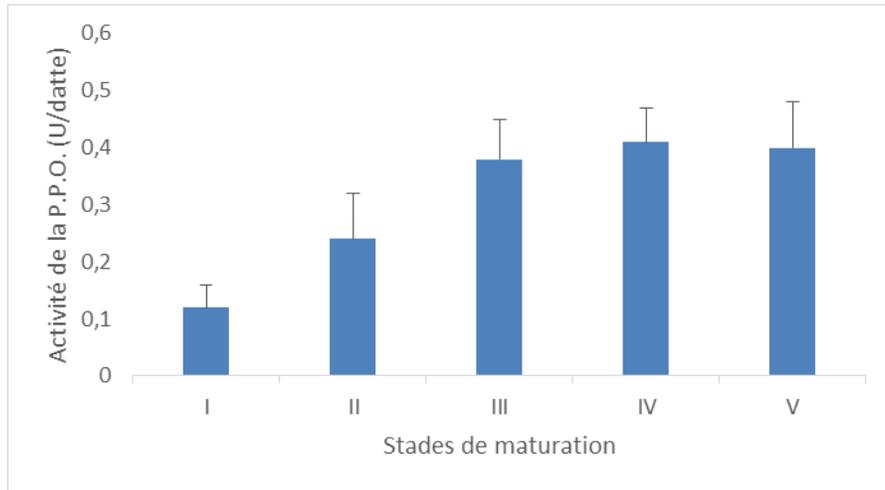


Figure 1. Evolution de la P.P.O au cours de la maturation de la datte.

3.1.2. Facteurs influençant l'activité de la P.P.O

3.1.2.1. PH

Il apparaît que la P.P.O. est très active en milieu acide (pH 4,5 - 6), avec un pH moyen de pH 5,5 (Figure 2).

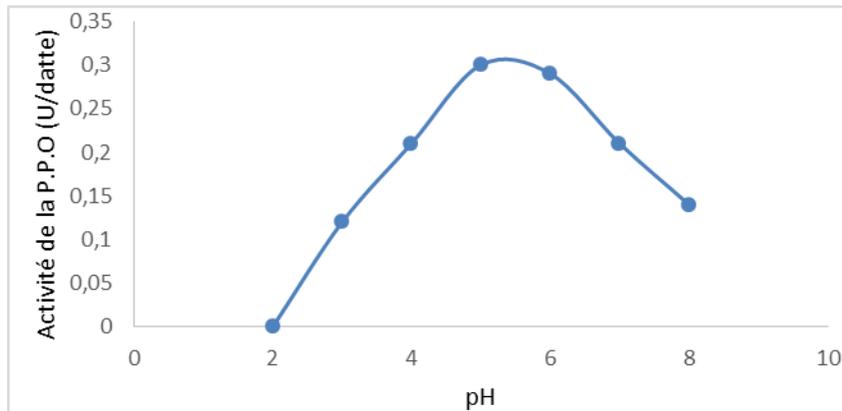


Figure 2. Effet du pH sur l'activité de la polyphenoloxydase de la datte Deglet-Nour.

Il faut rappeler que la réaction enzymatique ne peut avoir lieu que s'il y a une ionisation convenable des acides aminés du site actif. Cette ionisation dépend du pH du milieu réactionnel.

3.1.2.2. Température

A priori, la P.P.O présente une température optimale d'activité de 35°C. Néanmoins, la P.P.O. est caractérisée par une grande stabilité thermique (50% d'activité à 60°C), ce qui montre que l'enzyme, reste probablement active durant le traitement après la récolte (Figure 3).

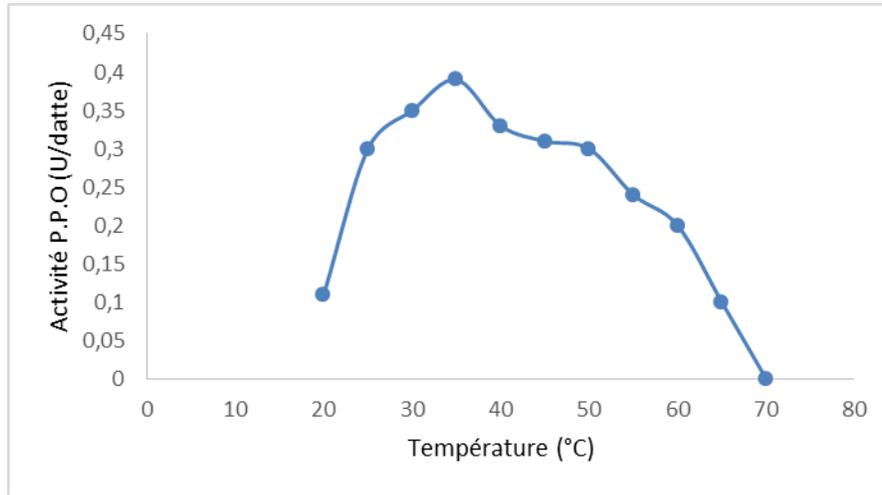


Figure 3. Effet de la température sur l'activité de la polyphénoloxydase de la datte Deglet-Nour.

3.2. Composés phénoliques totaux

Les teneurs en constituants phénoliques totaux sont élevées au stade Kimri (70 ± 8 μg d'acide gallique/ ml), puis diminuent graduellement aux autres stades pour atteindre une valeur de $47 \pm 6,3$ μg d'acide gallique/ ml au stade Tamar ($p < 0,05$) (Figure 4).

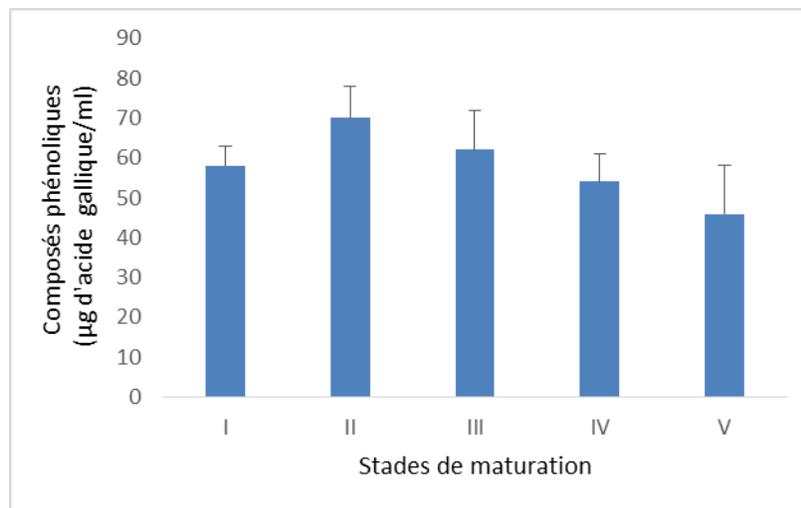


Figure 4. Evolution des teneurs en composés phénoliques totaux de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation

3.3. Tanins condensés

La teneur en tanins condensés augmente rapidement durant la maturation pour atteindre une valeur de $72 \pm 7,2$ μg d'acide tannique/ml au stade Routab, puis diminue légèrement au stade Tamar ($70,4 \pm 5,3$ μg d'acide tannique/ ml). Les résultats présentent une différence significative ($p < 0,05$) (Figure 5).

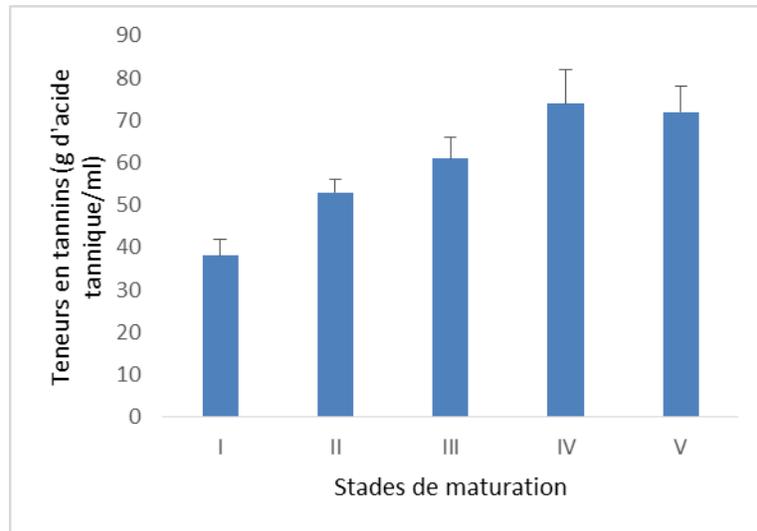


Figure 5. Evolution de teneur des tanins condensés de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation.

3.4. Acide ascorbique

L'analyse effectuée sur la datte a révélée des teneurs en vitamine C maximales au premier stade de maturation Hababouk (soit $6,1 \pm 0,55$ mg/100g de PF) et des teneurs minimales au dernier stade Tamar ($2,5 \pm 0,33$ mg/100g de PF) avec $p < 0,05$ (Figure 6).

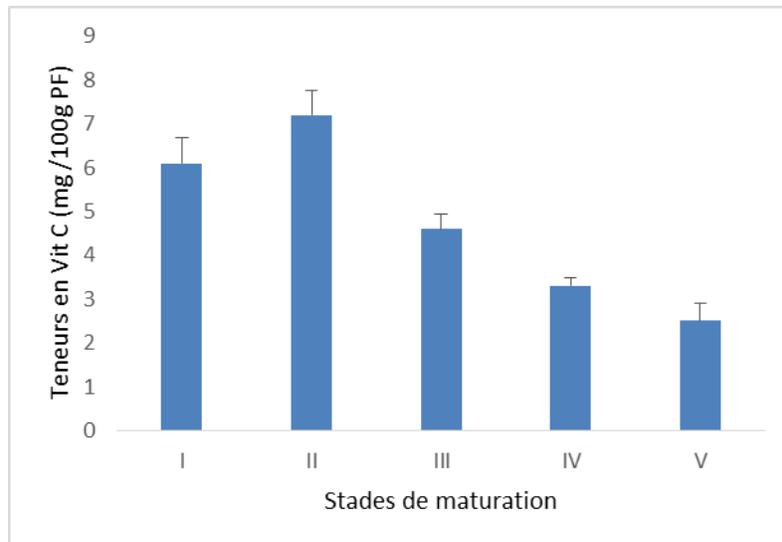


Figure 6. Évolution de la teneur en vitamine C au cours de la maturation de la datte *Deglet-Nour*.

3.5. Intensité de la coloration

L'intensité de la coloration augmente progressivement au cours de la maturation (Figure 7). En effet, elle passe d'une absorbance de 0,04 au stade Hababouk pour atteindre une valeur de 0,08 au stade Tamar. Il faut rappeler que l'uniformité de la couleur est considérée comme un facteur important pour assurer l'acceptabilité du fruit par le consommateur.

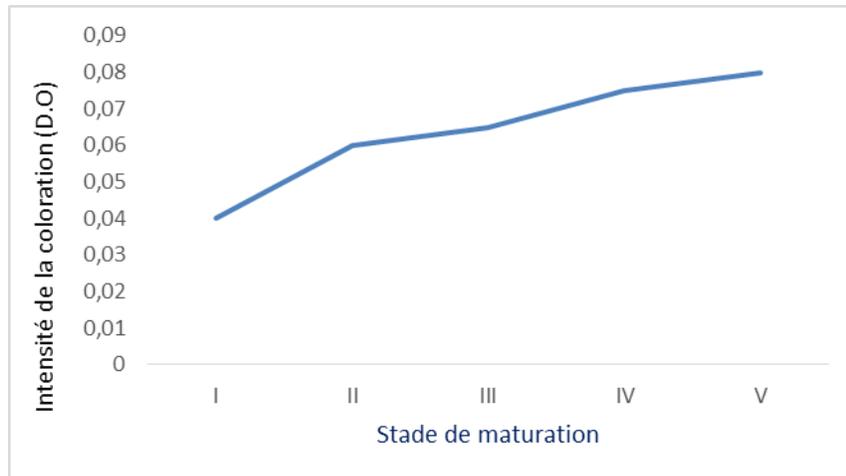


Figure 7: Evolution de l'intensité de la couleur au cours de la maturation de la datte Deglet-Nour.

4. DISCUSSION

Le brunissement de la datte dépend de l'interaction complexe entre l'action de la P.P.O et le contenu phénolique. A ce propos, Maier et Metzler (1965) signalent que l'oxydation enzymatique des polyphénols est responsable du brunissement du fruit durant la maturation.

Selon Maier et al. (1964), la polyphénoloxydase responsable de l'oxydation enzymatique des polyphénols, joue un rôle important dans le brunissement du fruit durant la maturation et continue par son activité à contribuer d'une façon non négligeable à la modification des caractères organoleptiques durant le stockage. En effet, dans les tissus non endommagés, les phénolates n'activent pas à cause de leur localisation cellulaire dans des organites spéciaux qui, cependant, varient dans différents tissus de la plante. Seulement, la disparition des barrières membranaires au cours de la maturation du fruit assure le contact entre le substrat et l'enzyme. Dans ce sens, Al- Bekr (1972) et Nicolas et Potus (1994) ont montré que le brunissement de la datte et de ses produits peut être rapporté à des réactions enzymatiques et non enzymatiques dont le rôle est non négligeable au cours du développement du fruit. Le brunissement enzymatique est catalysé par l'action de la P.P.O. sur les mono et diphenols du fruit (Goldbecket Cammarata, 1981). Ainsi, la concentration des polyphénols diminue régulièrement durant la maturation par différentes voies du brunissement. Ce dernier est très variable d'une espèce à l'autre et à l'intérieur d'une même espèce, et d'une variété à une autre (Macheix et al., 1990). Apriori, ceci est lié à des variations quantitatives mais aussi qualitatives des teneurs en composés phénoliques (Amiot et al., 1992). La caractérisation de la polyphénoloxydase de la datte Deglet-Nour a permis de déterminer les conditions optimales d'activités totales de cet enzyme, à savoir un pH de 5,5 et une température de 35°C. Selon Hulme (1971), l'activité de la polyphénoloxydase diminue rapidement lors de l'augmentation des composés solubles, particulièrement le saccharose. Ainsi, l'inversion du saccharose déclencherait probablement l'activité de la polyphénoloxydase et la condensation des sucres réducteurs avec les composés protéiques, ce qui intensifie la coloration du fruit. Les composés phénoliques dans la datte sont responsables du goût astringent du fruit qui est lié à la présence de tanins solubles. Aussi, ces composés sont impliqués dans le brunissement enzymatique et non enzymatique, ce qui conduit à des changements indésirables de l'apparence et la qualité nutritionnelle de la datte. Ceci semble indiquer que l'activité de la P.P.O. n'est pas un facteur limitant du brunissement, car la polymérisation oxydative induisant la formation des pigments bruns dépend de la nature et de la concentration des composés phénoliques présents. D'après Maier et al. (1964), les polyphénols solubles dans la datte verte sont l'acide dactyliférique et la catéchine qui semblent être les meilleurs substrats de la P.P.O de la datte comparés à l'acide chlorogénique. Ce dernier est considéré comme le meilleur substrat des P.P.O des autres plantes (Pendharker et Nair, 1974). La plupart des pigments bruns sont donc issus des flavonoïdes dérivés des flavan-3-ols (tanins) telle que la catéchine résultent de l'oxydation enzymatique.

Dans la datte, la dégradation des flavan-3-ols ne pourrait être que le résultat de l'oxydation directe par la P.P.O ou par une oxydation couplée avec les o-quinones. Ces dernières sont capables d'entrer dans des réactions de co-oxydation responsables de la dégradation d'autres phénols, surtout les flavonols, par un mécanisme non enzymatique provoquant l'apparition de pigments dont la teinte et l'intensité varient selon la nature des composés phénoliques mis en jeu (Andrade et al., 2001). En d'autres termes, les flavan-3-ols considérés comme substrats de

la P.P.O donnent des quinones de pigmentation très intense (Rouet-Mayer et al., 1990). Ces dernières sont considérées comme des composés très actifs (Singleton, 1987).

L'importance de toutes ces réactions dépend de l'activité de la P.P.O et l'équilibre entre les tanins et les quinones. En effet, l'augmentation de la teneur en tannins condensés, au cours de la maturation, est due à la conversion des tanins solubles en tanins insolubles et à l'oxydation enzymatique des autres composés phénoliques par la P.P.O., ce qui explique la disparition de l'astringence plus ou moins prononcée à la première phase de la maturation. Il faudrait retenir que l'augmentation du goût sucré n'influence pas les paramètres de l'astringence, alors que l'intensité maximale de l'amertume diminue (Smith et al., 1996).

L'insolubilité des tanins pourrait être due à leur taille moléculaire élevée ou à leur interaction avec des fractions tissulaires insolubles telle que la cellulose, la pectine, l'hémi-cellulose et les protéines. Seulement, il est à noter qu'au dernier stade de maturité, la teneur des tanins condensés diminue légèrement, probablement à cause de leur oxydation par voie non enzymatique en polymères colorés par formation du complexe méthal-polyphénol et la conversion des leucoanthocyanidines en anthocyanidines (Mathew et Parpia, 1971).

Il est nécessaire de savoir que l'activité de la P.P.O n'est pas responsable du brunissement en tant que tel mais, elle est liée à la qualité des phénols dégradés (Amiot et al., 1992). La quantité initiale des o-quinones formées, impliquées dans les réactions de co-oxydation, dépend de l'activité de la P.P.O, sans omettre que la vitesse de la réaction enzymatique contribue dans la pigmentation finale du fruit.

A cela s'ajoutent d'autres facteurs qui jouent un rôle important dans le brunissement à savoir l'acide ascorbique et l'acidité du milieu. La variété *Deglet-Nour* renferme une teneur en vitamine C plus faible que celle des variétés Sayer et Khadrawi au stade Tamar, soit respectivement, 17,51 mg/ 100g de PF et 3,20 mg/100g de PF (Kanner et al., 1978). Selon Pilkova et al. (1990), l'acide ascorbique est l'un des composés du fruit qui affectent négativement la stabilité de certains phénols (tels que les anthocyanines), car l'oxydation de cette vitamine provoque leur décomposition rapide et conduit à la formation de produits bruns. Dans le même contexte, Macrae et al. (1993) signalent que la réaction des o-quinones avec l'acide ascorbique induit la formation de l'acide deshydro-ascorbique et la régénération du phénol. Par ailleurs, l'oxydation de l'acide ascorbique est catalysée par diverses diastases en présence de certains phénols, ce qui pourrait expliquer son rôle actif dans le brunissement (Salunkhe, 1973). D'ailleurs, de nombreux auteurs ont observé que la teneur en vitamine C diminue de la périphérie du fruit vers le centre et que les régions les plus colorées sont aussi les plus riches (Ulrich, 1952). Par ailleurs, la perte en vitamine C favorise l'installation du brunissement. Cette perte est provoquée par l'action de certaines oxydases (acide ascorbique-oxydase, peroxydase...) ou par intervention de l'acide ascorbique dans des réactions d'oxydation couplées avec les o-quinones. Cheftel et Cheftel (1977) rapportent qu'un certain degré de brunissement est désirable lors de la maturation des dattes. Toutefois, il est connu que la couleur acceptée par le consommateur est liée au degré de brunissement. En effet, la baisse de l'activité de la P.P.O. est remarquée lors de l'augmentation de la teneur des composés solides solubles (Hulme, 1971). Cette dernière est proportionnelle à l'intensité de la coloration. De plus, une différence de couleur des fruits cueillis au centre du régime et à la périphérie est notée. Ceci ne peut être expliqué que par le temps d'exposition au soleil et à la température (Hussein, 1970). D'ailleurs, la vitesse de pigmentation est très faible à 10°C mais augmente rapidement à 32°C. Ceci montre l'effet important de la température sur l'évolution des paramètres physico-chimiques du fruit (Hulme, 1971).

Il est toutefois nécessaire d'ajouter que les dattes subissent un changement de nature chimique durant le stockage et se détériorent lentement, ce qui conduit à la formation de nouveaux composés phénoliques et la disparition de certains composés préexistants (Maier et Metzler, 1965).

5. CONCLUSION

Il a été démontré que le brunissement, désiré à un certain degré dans la datte se manifeste durant la maturation, ce qui aboutit à l'apparition de saveurs indésirables, une perte en nutriments et la formation de pigments bruns. Pour assurer un meilleur contrôle du brunissement de la datte, il est souhaitable de sélectionner les variétés caractérisées par une faible teneur en composés phénoliques, identifier les meilleurs substrats de la P.P.O et enfin définir les effets et les mécanismes d'interaction entre la P.P.O., les composés phénoliques, la vitamine C et l'acidité du milieu.

6. REFERENCES

[1] Aka, J. P., 2011. Étude de la thermosensibilité de la polyphénoloxydase de pomme seule ou en présence des constituants de la purée de pomme et de l'acide ascorbique. Alimentation et Nutrition. ffdumas-01101716f.

- [2] Andrade, P. B., Mendes, G., Falco, V., Valentao, P., et Seabra, R. M., 2001. Preliminary study of flavonols in port winegrapevarieties. *Food Chemistry*, 73(4), 397-399.
- [3] Al-Bekr, A. J., 1972 - The date palm. *Al-Ani Press, Baghdad*.
- [4] Amiot, M. J., Aubert, S., et Nicolas, J., 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple and pear cultivars at maturity. *Physiological Basis of Postharvest Technologies* 343, 67-69.
- [5] Burta, O., Tirlea, F., Burta, O.L., et Qadri, S.M., 2008. Phytotherapy in cardiovascular diseases: From ethnomedicine to evidence based medicine. *Journal of Biological Sciences* 8 (2), 242-247.
- [6] Chanforan, C., 2010. Stabilité de microconstituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation: études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Avignon.
- [7] Cheftel, J. C., et Cheftel, H., 1977. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. *Ed. Technique et documentation, Paris*, 411p.
- [8] Dowson, V. H. W., et Aten, A., 1962. *Dates: handling, processing and packing* (No. 72). Food & Agriculture Org.
- [9] Golbeck, J. H., et Cammarata, K. V. 1981. Spinach thylakoid polyphenol oxidase: isolation, activation, and properties of the native chloroplast enzyme. *Plant Physiology*, 67(5), 977-984.
- [10] Goupy, J. L., 1990 - Etude comparative de divers plans d'expériences. *Revue de statistique appliquée*, 38(4), 5-44.
- [11] Goupy, P., Macheix, J. J., Nicolas, J., et Varoquaux, P., 1994. Partial purification and characterization of endive (*Cichoriumendivia* L.) polyphenoloxidase. *Sciences des aliments*, 14(6), 751-762.
- [12] Hulme, A. C., 1971. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2. *The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2*.
- [13] Hussein, F. , 1970. Fruit growth and composition of two dry date cultivars grown at Asswan. *Tropical Agriculture*, 47, 157-62.
- [14] Joslyn, M. A., 1970. Analítico: Methods in food analysis. Physical, chemical, and instrumental methods of analysis.
- [15] Kanner, J., Elmaleh, H., Reuveni, O., et Ben-Gera, I., 1978. Invertase (. beta.-fructofuranosidase) activity in three date cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(5), 1238-1240.
- [16] Loschner, J., Kroh, L., et Vogel, J. , 1990. L-ascorbic-acid-a carbonyl component of nonenzymatic browning reactions-browning of l-ascorbic-acid in aqueous model system. *zeitschrift fur lebensmittel-untersuchung und-forschung*, 191(4-5), 302-305.
- [17] Macheix, J. J., Fleuriet, A., et Billot, J., 1990. The main phenolics of fruits. *Fruit phenolics*, 1-98.
- [18] Macrae, R., Robinson, R. K., et Sadler, M. J. , 1993. Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition.
- [19] Maier, V. P., Metzler, D. M., et Huber, A. F., 1964. 3-O-Caffeoylshikimic acid (dactylifric acid) and its isomers, a new class of enzymic browning substrates. *Biochemical and biophysical research communications*, 14(2), 124-128.
- [20] Maier, V. P., et Metzler, D. M., 1965. Quantitative changes in date polyphenols and their relation to browning. *Journal of Food Science*, 30 (1), 80-84.
- [21] Mathew, A. G., et Parpia, H. A. B. , 1971. Food browning as a polyphenol reaction. In *Advances in foodresearch* (Vol. 19, pp. 75-145). AcademicPress.
- [22] Mimouni, Y., et Siboukeur O., 2009. Mise au point d'une technique d'extraction de sirops de dattes; comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie (Doctoral dissertation).
- [23] Nicolas, J., et Potus, J., 1994. Enzymatic oxidation phenomena and coupled oxidations. Effects of lipoxygenase in breadmaking and of polyphenol oxidase in fruit technology. *Sciences des Aliments (France)*.
- [24] Pendharkar, M. B., et Nair, P. M., 1974. Alterations in *Solanumtuberosum* polyphenol oxidase activity induced by gamma irradiation. *Phytochemistry*, 13(8), 1373-1377.
- [25] Ribereau-Gayon, P., Sudraud, P., Milhe, J. C., et Canbas, A., 1970. Recherches technologiques sur composés phénoliques des vins rouges II-Les facteurs de dissolution des composés phénoliques. *OENO One*, 4(2), 133-144.
- [26] Rouet-Mayer, M. A., Ralambosoa, J., et Philippon, J. 1990. Roles of o-quinones and their polymers in the enzymic browning of apples. *Phytochemistry*, 29(2), 435-440.
- [27] Salunkhe, D. K., DK, S., et MT, W., 1973 - Effects of subatmospheric pressure storage on ripening and associated chemical changes of certain deciduous fruits
- [28] Singleton, V. L., & Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.

[30] Singleton, V. L., 1987. Oxygen with phenols and related reactions in musts, wines, and model systems: observations and practical implications. *American Journal of Enology and Viticulture*, 38(1), 69-77.

[31] Smith, A. K., June, H., et Noble, A. C., 1996. Effects of viscosity on the bitterness and astringency of grape seed tannin. *Food quality and preference*, 7(3-4), 161-166.

[32] Pilková, L., Pokorný, J. et Davídek, J., 1990. Browning reactions of Heyns rearrangement products. *Food/Nahrung*, 34(8), 759-764.

[33] Ulrich, R., et Masson (Firma), 1952. *La vie des fruits: origine, développement, structure, physiologie, composition chimique, maturation, senescence, chute, champignons nuisibles*. Masson.