

Evaluation de la fraction glucidique au cours de la maturation de la datte *Deglet-Nour*

Karima Yahiaoui^{1*}, Bouchenak Ouahiba^{2*}, Karim Arab^{3*}, Ahmed Benchabane^{4*}.

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

²Laboratoire Bio-informatique, Microbiologie Appliquée et Biomolécules, Faculté des Sciences, UMBB

³Laboratoire Valorisation et Conservation des Ressources Biologiques, Faculté des Sciences, UMBB

⁴Département de Technologie Alimentaire, ENSA, Algérie

Abstract. The concentration of carbohydrates differs during the maturation of the Deglet Nour date. The total and reducing sugar contents increase in parallel with the progression of the ripening of the fruit up to the Khâlal stage where the sucrose contents reach their maximum. The decrease in the sucrose content and the increase in reducing sugar content are synchronized with the activity of invertase, which has been detected in the soluble and insoluble form. The optimal activity of invertase is at a pH of 4.5 and a temperature of 30 ° C. However, the properties of the soluble and insoluble invertase fractions of the Deglet-Nour date are approximately identical.

Keywords: *Deglet-Nour date, sugar, enzyme, invertase, pH, temperature.*

Résumé. La concentration des glucides diffère au cours de la maturation de la datte Deglet Nour . Les teneurs en sucres totaux et réducteurs augmentent parallèlement avec la progression de la maturation du fruit jusqu'au stade Khâlal où les teneurs en saccharose atteignent leur maximum. La diminution de la teneur en saccharose et l'accroissement de la teneur en sucres réducteurs sont synchronisés avec l'activité de l'invertase, qui a été décelée sous la forme soluble et insoluble. L'activité optimale de l'invertase se situe à un pH de 4,5 et à une température de 30°C. Toutefois, les propriétés des fractions invertasiques soluble et insoluble de la datte Deglet-Nour sont approximativement identiques.

Mots clés: *Datte Deglet-Nour, sucre, enzyme, Invertase, pH, température*

1. Introduction

La phoeniciculture est considérée comme la charnière centrale autour de laquelle se prononce la vie dans les régions sahariennes. En Algérie, cette culture occupe une place de premier rang dans l'agriculture saharienne.

Avec plus de 17 millions de palmiers et plus de 800 variétés, l'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs et exportateurs de dattes dans le monde. Plus encore, elle se classe en première place en termes de qualité, grâce à la variété Deglet Nour [1]. En effet, c'est une datte de renommée mondiale, considérée comme un ambassadeur économique. Elle est très prisée par les fins connaisseurs, grâce à son aspect, son onctuosité et sa flaveur. De ce fait, elle constitue une ressource d'entrée de devises nettes pour le pays.

* Corresponding author.

E-mail: kyahiaoui@univ-boumerdes.dz (Karima Yahiaoui)

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

Par ailleurs, les conséquences de l'évolution de diverses utilisations de la datte *Deglet-Nour* nous amènent à rechercher les meilleurs moyens de répondre à cette évolution en vue d'une utilisation maximale de cette matière première si importante dans l'économie de notre pays.

En générale, les dattes représentent une excellente source de fibres alimentaires, de fractions minérales, de lipides, de protéines et de sucres [2].

La littérature rapporte la présence d'une quantité de sucres pouvant atteindre jusqu'à 80% de la matière sèche de la datte à la fin de la maturation. Cette teneur constitue l'un des principaux critères de qualité.

Cette dernière, qu'elle soit molle ou dure, est liée au rapport des sucres totaux sur la teneur en eau [3] et, plus particulièrement, à la teneur en saccharose qui confère au fruit une certaine rigidité [4]. Cependant, la présence de l'invertase dans la datte, signalée pour la première fois par Vinson [5], entraîne l'hydrolyse du saccharose en glucose et en fructose. En conséquence, les dattes sont classées en deux types : celles à sucre de canne et celles à base de sucre inverti. Chaque type a été déterminé selon la présence ou l'absence relative de l'activité invertasique [6].

L'objectif de ce travail est de mesurer l'activité invertasique au cours des différents stades de la maturation de la datte et de « définir » son milieu actif afin de mieux cerner l'évolution des sucres et de l'eau à l'intérieur du fruit; teneurs qui sont prises en considération lorsqu'il s'agit d'humidifier, de sécher ou de stocker la datte.

2. Méthodologie

2.1. Matériel végétal

La datte étudiée, la variété *Deglet-Nour*, est récoltée au cours des différents stades de développement. Le choix de cette variété se justifie par son abondance au niveau national et sa qualité gustative appréciée par le consommateur. Les échantillons de dattes ont été récoltés dans une palmeraie à EL-OUED selon le calendrier suivant:

- stade I : HABABOUK , 10 semaines après la pollinisation;
- stade II : KIMRI , BLAH ou stade vert , 15 semaines après la pollinisation;
- stade III : KHALAL ou B'SSER , 20 semaines après la pollinisation ;
- stade IV - ROUTAB ou MARTOUBA, 22 semaines après la pollinisation;
- stade V - TAMAR ou T'MAR ou stade mûr, 27 semaines après la pollinisation.

Afin de pallier aux problèmes inhérents à la poursuite de la respiration après la cueillette du fruit et à l'altération de la structure des constituants [7], les échantillons débarrassés de leurs impuretés sont conservés au congélateur à -18°C jusqu'à analyse.

2.2. Méthodes

Teneur en eau

La teneur en eau est déterminée en réalisant une dessiccation de la prise d'essai à une température de $70^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à l'obtention d'un poids fixe, dans une étuve isotherme durant 48h pour éviter la caramélisation des sucres selon la méthode préconisée par Adhoum et Monser[8].

Teneurs en sucres totaux, en sucres réducteurs et en saccharose

Les méthodes utilisées pour le dosage des sucres totaux, des sucres réducteurs et du saccharose sont celles préconisées, respectivement, par Dubois [9] et Luff-Schoorl [7].

Extraction et mesure de l'activité de l'invertase

L'extraction, la mesure de l'activité et la caractérisation de cette enzyme sont réalisées selon la méthode préconisée par Mustafa *et al.* [10]. Pour cela, les dattes (15g) dénoyautées et broyées sont mélangées pendant deux minutes à 100 ml de NaCl (4%) contenant 1g de polyvinylpyrrolidone qui

sert à décomposer les complexes non covalents et à libérer les protéines grâce à sa forte affinité pour les polyphénols en milieu aqueux. Le mélange est ensuite centrifugé à 20.000 g pendant 30 minutes. Le surnageant récupéré est dialysé, à 4°C, plusieurs fois contre de l'eau distillée. Le dialysat obtenu et appelé « invertase soluble ». Ensuite, le culot est sujet à une autre extraction avec du NaCl (4%) puis centrifugé. 0,2 g du culot sont récupérés dans 20ml de tampon acétate, pH 4,5; cette suspension est considérée comme source « d'invertase insoluble ».

Concernant le mesure de l'activité enzymatique, a 1 ml d'extrait enzymatique sont ajoutés 1 ml d'acétate tampon 0,5 M, pH4,5, 1ml de saccharose (1,5M) et 2ml d'eau distillée. Le mélange est incubé à 30°C et la mesure de l'activité enzymatique se fait toutes les 4 minutes pendant 20 minutes. A chaque ml du mélange est ajouté 1ml du réactif GOD-POD et, à chaque mesure, 3ml d'H₂ SO₄ sont introduits pour stopper la réaction. L'absorbance est mesurée à 530 nm.

Pour la courbe d'étalonnage, des concentrations en glucose (0,01 à 1μmol) sont mesurées dans les mêmes conditions expérimentales.

Une unité d'invertase est définie comme étant la quantité d'enzyme qui hydrolyse 0,5 μmol de glucose/minute dans les mêmes conditions.

Influence du pH sur l'activité invertasique

Le pH optimal de l'activité enzymatique est déterminé dans les mêmes conditions que celles décrites lors de la mesure de l'activité, à partir de solutions tampons de pH différents (3 à 7).

Influence de la température sur l'activité invertasique

La température optimale de l'activité des deux fractions invertasiques est déterminée à partir d'un dosage enzymatique à différentes températures (10 à 70°C).

3. Résultats and Discussion

3.1.Teneur en eau

A priori, une diminution du taux d'humidité au cours de la maturation est remarquable (Fig.1) ; ce qui implique une augmentation du poids sec durant ce processus.

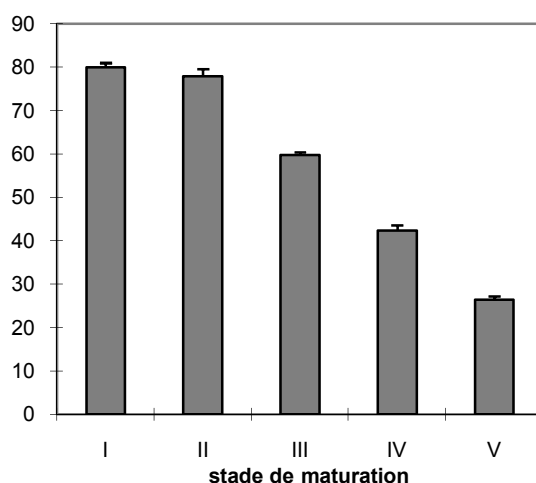


Fig.1 : Evolution de la teneur en sucres totaux au cours de la maturation.

Il est à noter que la chute maximale de la teneur en eau est atteinte lorsque les dattes passent du stade Khâlal au stade Routab. Une observation similaire est rapportée sur trois variétés de dattes irakiennes

[11]. En effet, ce taux passe de 44 à 32% MF, de 50 à 21% MF et de 49 à 35% MF, respectivement pour les variétés Halawi, *Deglet-Nour* et Khadraoui. A titre comparatif, la variété *Deglet-Nour* étudiée a tendance à perdre plus d'eau que les variétés citées, soit une perte de 30%.

3.2. Teneur en sucres totaux, sucres réducteurs et saccharose

Selon le stade de maturation concerné, la fraction glucidique est concentrée autour de 43,75% au stade Tamar (Fig.2).

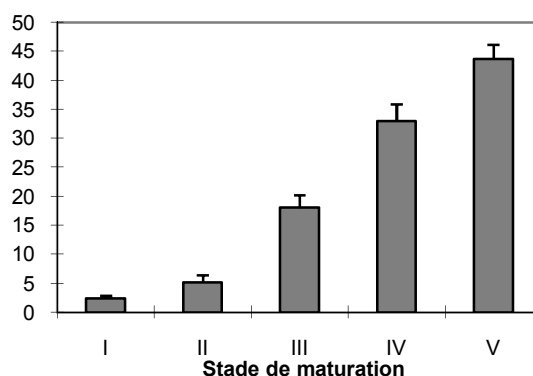


Fig.2 : Evolution de la teneur en sucres totaux au cours de la maturation

Ainsi, une augmentation remarquable des sucres totaux, du stade Routab ($33,3 \pm 2.9\%$) au stade Tamar ($43.75 \pm 2.5\%$) est accompagnée d'une augmentation proportionnelle en sucres réducteurs (Fig.3) et une diminution relativement équivalente en saccharose (Fig.4).

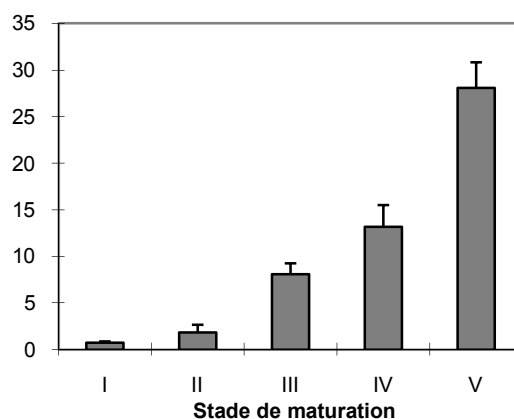


Fig. 3 : Evolution de la teneur en sucres réducteurs au cours de la maturation de la datte.

D'autre part, au stade Kimri, une accumulation en sucres réducteurs et une augmentation lente du total des sucres est relevée. Cependant, il est à signaler qu'au stade Khâlal, l'accroissement du poids est de plus en plus lent et l'accumulation des sucres réducteurs est faible. De plus, les proportions de saccharose et de sucres totaux augmentent rapidement. Ces constatations sont signalées par Apaydin et al. [12] et Feng et al. [13] pour la datte *Deglet-Nour* de Californie.

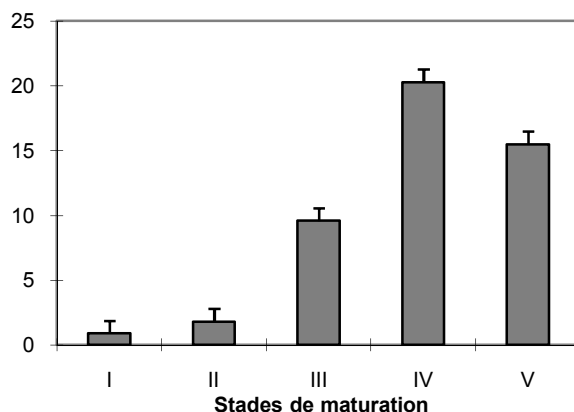
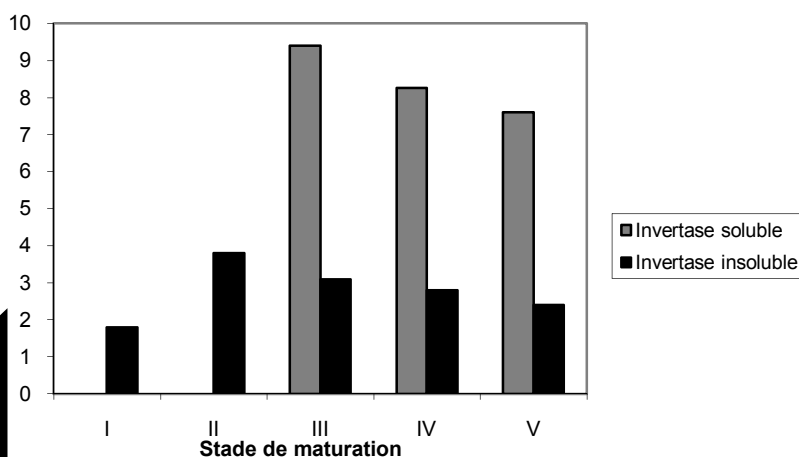


Fig. 4 : Evolution de la teneur en saccharose au cours de la maturation de la datte.

3.3.Evaluation de l'activité invertasique au cours de la maturation

L'invertase de la datte se présente sous deux formes: une fraction soluble (de 7,6 à 9,4 U/datte) et une fraction insoluble (de 1,9 à 4 U/datte) avec une distribution non équitale (Fig. 5).



Activité de l'invertase au cours de la maturation de la datte *Deglet-Nour*.

La répartition des fractions invertasiques soluble et insoluble a déjà été rapportée chez différents végétaux tels que la carotte [14], la betterave [15] et le maïs [16]. D'autre part, aux stades verts (Miri), la totalité de l'activité invertasique décelée est celle relative à la fraction insoluble. À partir du stade Kimri, la fraction soluble augmente de façon remarquable d'une valeur nulle aux stades Mri et Kimri) à sa valeur maximale au stade rouge (Khâlal), soit 9,4 U/ datte. En effet, au stade Khâlal, l'activité de l'invertase soluble atteint 9,4 U/datte et diminue légèrement pour atteindre 8,25 U/datte au stade Routab. Au stade Tamar, l'activité se stabilise à une valeur de 7,6 U/datte.

Malgré la forte augmentation rapide de l'invertase soluble, il est à relever une diminution d'environ 1,8 U/datte de l'invertase insoluble durant la période de maturation : activité qui se stabilise à 2,4 U/datte au dernier stade.

Les valeurs d'activité invertasique sont légèrement inférieures à celle signalée par Cenkin pour la variété Deglet-Nour de Californie (12,5 U/datte).

3.3.1. Effet du pH sur l'activité invertasique

La mesure de l'activité invertasique de la datté Deglet-Nour à différents pH révèle l'absence de l'invertase alcaline. En effet, l'activité optimale de l'invertase acide se situe à un pH de 4,5. D'autre part, il est intéressant de noter que « le comportement enzymatique » de l'invertase soluble vis-à-vis du changement de pH est similaire à celui de l'invertase insoluble, ceci est vérifié par l'allure des courbes relatives aux deux fractions invertasiques (Fig. 6)

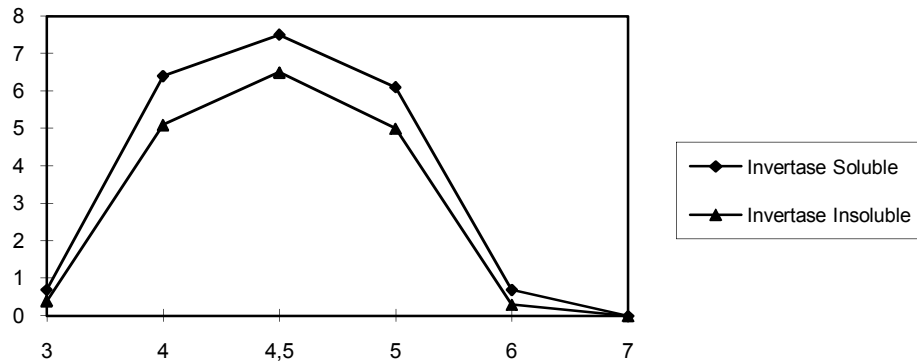


Fig.6 : Evolution du pH sur la fraction soluble et insoluble de l'invertase.

Par ailleurs, l'invertase se comporte différemment selon les végétaux. Ainsi, l'invertase acide est active à pH 4,5. L'invertase alcaline est active à pH 7,4 [17]. Cette même tendance est observée chez le pois-chiche [18]. En revanche, l'invertase acide des raisins est active à un pH optimal

3.3.2. Effet de la température sur l'activité invertasique

Le graphique illustre l'évolution de l'activité invertasique en fonction de la température. La température optimale de hydrolyse pour les deux fractions invertasiques est de 30°C. Ensuite, au-delà de 30°C, l'activité enzymatique diminue pour atteindre une valeur nulle à 70 °C.

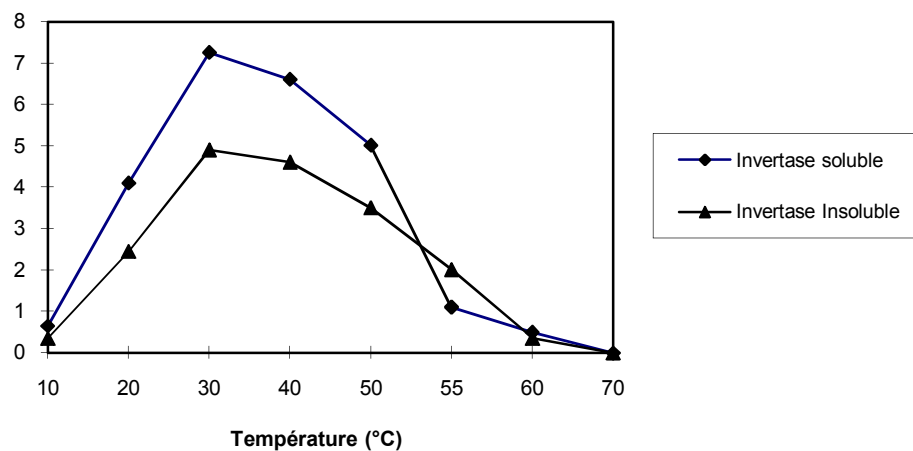


Fig. 7 : Effet de la température sur la fraction soluble et insoluble de l'invertase.

Néanmoins, il faut noter que l'invertase insoluble (dont l'activité était plus faible que celle de l'invertase soluble à toutes les températures inférieures à 55°C) est plus active à une température de 55° C, par exemple, pour être similaire à celle de l'invertase soluble par la suite. Chez les plantes, les propriétés des deux fractions invertasiques peuvent être similaires ou différentes [15]. Un bref aperçu sur les résultats obtenus montre que les propriétés des fractions invertasiques soluble et insoluble de la datte Deglet-Nour sont approximativement identiques. Parallèlement, le taux des sucres réducteurs, principalement le glucose et le fructose, augmente graduellement au cours de la maturation. Cette augmentation est surtout prononcée lorsque le fruit a atteint le stade Khâlal, et continue pendant le processus d'attendrissement avant la récolte [20]. Dans ce sens, lorsque l'humidité est élevée, l'activité enzymatique augmente [21]. En effet, la datte est caractérisée par une activité invertasique initiale très élevée au stade Khâlal, ce qui explique l'hydrolyse rapide et optimale du saccharose. Ce processus de dégradation du saccharose provoque une perte en eau [11]. Effectivement, à la fin du stade Khâlal, l'humidité de la datte Deglet-Nour étudiée diminue de 45 à 55%.

Il est supposé que l'augmentation des sucres réducteurs durant la maturation de la datte est due à la solubilisation de l'invertase par la perte de l'intégrité du système membranaire, conduisant au contact direct entre l'enzyme et le substrat, ce qui explique le rôle physiologique de cette enzyme dans la conversion du saccharose en glucose et fructose. Cette hypothèse est renforcée par les travaux réalisés par Khosla et al. [22] sur la tomate.

D'autre part, il est important de signaler que dans les palmeraies, les dattes ne mûrissent pas toutes en même temps sur le même régime. Par ce fait, les régimes non mûrs dans leur intégralité sont cueillis et leur maturation est conduite artificiellement pour des raisons technologiques et économiques.

Il est à rappeler que pour les dattes, la maturation artificielle ne peut intervenir que si le fruit a déjà atteint un degré déterminé de maturation appelé «moment critique». Au-delà de ce point, toute stimulation thermique ou chimique peut détruire ou stimuler le protoplasme des cellules des tissus de manière à libérer les diastases antérieurement insolubles.

Ainsi, la température joue un rôle déterminant lors de la maturation des dattes. Cette dernière permet d'augmenter la vitesse des réactions chimiques de deux à trois fois, pour chaque élévation de 10°C, suivant la loi de Vanoff [23]. Ce facteur a un effet direct sur l'accumulation et l'inversion des sucres simples ainsi que sur la vitesse de déshydratation des dattes [24]. Ainsi, on a préconisé pour la datte Deglet-Nour une température de maturation maximale de 35°C afin de conserver son parfum et sa couleur blonde caractéristiques [13]. La maturation artificielle est largement favorisée aux dépens du séchage des dattes par l'emploi d'une température voisine de celle de l'activité de l'invertase dont la valeur est optimale à une température de 30°C pour l'invertase de la datte Deglet-Nour étudiée. L'emploi d'une température supérieure provoque des réactions de caramélisation des sucres donnant ainsi une couleur foncée aux dattes, ce qui déprécie la valeur marchande du fruit, surtout que l'activité de l'invertase durant le stade Routab semble être un facteur très important, car elle contribue au développement du goût de la datte.

Une diminution significative de l'activité est rencontrée dans les fruits récoltés et stockés au stade Routab. Il est courant que durant cette période, la couleur du fruit devient plus sombre du fait des réactions du brunissement enzymatique et non enzymatique. Ces deux réactions pourraient affecter la structure et l'activité de l'enzyme [25]

4. Conclusion

Dans la datte, l'invertase est une enzyme-clé qui contrôle le taux de sucres réducteurs et d'eau dans le fruit; paramètres qui influent sur les qualités organoleptiques de la datte.

Ainsi, les teneurs en sucres totaux et réducteurs augmentent parallèlement avec la progression de la maturation des fruits jusqu'au stade Khâlal où les teneurs en saccharose atteignent leur maximum; puis elles diminuent jusqu'au stade Tamar.

D'autre part, il est à noter que l'inversion du saccharose se poursuit dans les fruits stockés à une vitesse qui varie suivant la température et l'humidité de l'air ambiant.

En somme, lors du stockage, le conditionneur de dattes doit maintenir une température peu élevée pour éviter l'inversion du saccharose qui rendrait les dattes sirupeuses (cas des dattes molles) et fait perdre à la variété *Deglet-Nour* sa propriété de datte demi-molle; et par la-même sa qualité marchande.

5. Références

- [1] Benziouche, S. E., & Cheriet, F. (2012). Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *New Medit*, 11(4), 49-57.
- [2] Benchabane, A. (2007). *Composition biochimique de la datte (Deglet-Nour): évolution en fonction de la maturation et formation de la couleur et des arômes*, Thèse de doctorat, INA El-Harrach, Alger, 123p).
- [3] Munier, P. (1973). Le palmier dattier-techniques agricoles et productions tropicales. *France: Maisonneuve et Larousse*,
- [4] Reynes, M., Bouabidi, H., Piombo, G., & Risterucci, A. M. (1994). Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région du Djérid en Tunisie. *Fruits*, 49(4), 289-298.
- [5] Vinson, A. E. (1908). The endo-and ektoinvertase of the date. *Journal of the American Chemical Society*, 30(6), 1005-1020.
- [6] Vinson, A. E. (1924). The chemistry of the date. *Report, ist Date Growers' Inst. Coachella Valley, Calif. I*, 924.
- [7] Barbier, M., & HL, D. (1980). Effets génétiques observés sur des plantes de Tabac régénérées à partir de cotylédons par culture in vitro.
- [8] Lecoq, R. (1965). Manuel d'Analyses Alimentaires et d'Expertises Usuelles Vol. 1. *Paris: Editions Doin*, 586-605.
- [9] Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
- [10] Mustafa, A. B., Harper, D. B., & Johnston, D. E. (1986). Biochemical changes during ripening of some Sudanese date varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 37(1), 43-53.
- [11] Kanner, J., Elmaleh, H., Reuveni, O., & Ben-Gera, I. (1978). Invertase (. beta.-fructofuranosidase) activity in three date cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(5), 1238-1240.
- [12]. Dowson, V. H. W., & Aten, A. (1963). Récolte et conditionnement des dattes. *Collection FAO, Progrès et Mise en Valeur. Agriculture (FAO) fre no. 72*.
- [13] Rygg, G. L. (1946). *Compositional changes in the date fruit during growth and ripening* (Vol. 901). US Department of Agriculture.
- [14] Hawker, J. S. (1969). Insoluble invertase from grapes: an artifact of extraction. *Phytochemistry*, 8(2), 337-344.
- [15] Hasegawa, S., & Smolensky, D. C. (1970). Date invertase: properties and activity associated with maturation and quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18(5), 902-904.
- [16] Kivilaan, A., Beaman, T. C., & Bandurski, R. S. (1961). Enzymatic activities associated with cell wall preparations from corn coleoptiles. *Plant physiology*, 36(5), 605.
- [17] Ricardo, C. P. P., & Ap Rees, T. (1970). Invertase activity during the development of carrot roots. *Phytochemistry*, 9(2), 239-247.
- [18] Maclachlan, G. A., Datko, A. H., Rollit, J., & Stokes, E. (1970). Sugar levels in the pea epicotyl: regulation by invertase and sucrose synthetase. *Phytochemistry*, 9(5), 1023-1030.
- [19] Arnold, W. N. (1965). β -Fructofuranosidase from grape berries. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Enzymology and Biological Oxidation*, 110(1), 134-147.
- [20] Coggins, C. W., & Knapp, J. C. F. (1969). Growth, development, and softening of the Deglet Noor date fruit. *Date Growers Inst Rep*.

[21] Acker, L. W. (1969). Water activity, enzyme activity. *Food Technol.*, 23, 27-40.

[22]. Lopez-Andreu, F. J., Lamela, A., Esteban, R. M., & Collado, J. G. (1985, December). Evolution of quality parameters in the maturation stage of tomato fruit. In *Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates 191* (pp. 387-394).

[23] El -Oqaidi H.K.H. et Aref A.A., 1985. Industrialisation des dattes et produits celluloses du palmier dattier (en arabe) U.A.I.A., Baghdad, Iraq.

[24] Hamdi, S., & M'NAOUAR, H. A. M. D. I. (1991). Adsorption de la phosphine par les dattes fumiguées. *Fruits (1978)*, 46(5), 581-585.

[25] Mathew, A. G., & Parpia, H. A. B. (1971). Food browning as a polyphenol reaction. In *Advances in food research* (Vol. 19, pp. 75-145). Academic Press