

Technologies post-récolte pour la préservation de la qualité des dattes durant le stockage

Misbah Asmae ⁽¹⁾, Essarioui Adil ⁽¹⁾ et Noutfia Younès ⁽²⁾

asmae.misbah@inra.ma

1 : Unité de Recherche sur les Systèmes Oasiens – Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Errachidia – Institut National de la Recherche Agronomique, Avenue Ennasr B.P. 415, Rabat, Maroc.

2 : Département Agroalimentaire et Qualité – Division Scientifique - Institut National de la Recherche Agronomique, Avenue Ennasr B.P. 415, Rabat, Maroc.

Résumé

Les dattes, fruits du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), constituent un produit à fort potentiel commercial à l'échelle mondiale et spécifiquement aux pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. Les impacts quantitatifs et qualitatifs des altérations post-récolte sur les dattes imposent la recherche de méthodes appropriées pour leur conservation. Dans ce travail, nous passons en revue les types d'altération causées par divers facteurs biotiques et abiotiques pendant le stockage des dattes. Nous discutons les méthodes de traitements appliquées pour la préservation de la qualité et le rôle de type d'emballage adapté dans la conservation des attributs de qualité des dattes. Enfin, nous soulignons l'importance de la maîtrise des conditions et des bonnes pratiques de stockage dans la réussite du processus de conservation et de respect des normes de commercialisation des dattes.

Mots clés : *Phoenix dactylifera*, Datte, Post-récolte, Altération, Conservation, Qualité.

Post-harvest technologies for the preservation of date quality during storage

Abstract

Dates, fruits of date palm (*Phoenix dactylifera*), hold great commercial potential at the global scale and specifically in the Middle East and North African countries. Quantitative and qualitative impacts of post-harvest alterations on dates highlight the significance of developing appropriate techniques for their preservation. In this work, we review the types of alterations caused on dates by diverse biotic and abiotic factors during storage of dates. We discuss a suite of approaches used in effective maintenance of the quality and the role of selecting product-adapted packaging in the conservation of date quality attributes. Finally, we highlight the importance of mastering storage conditions and good practices for successful preservation and full respect of date commercial standards.

Keywords: *Phoenix dactylifera*, Date, Postharvest, Alteration, Preservation, Quality.

تقنيات ما بعد الجني للحفاظ على جودة التمور أثناء التخزين

مصباح أسماء، الصريوي عادل، نوطفيا يونس

ملخص

تكتسي التمور، ثمار النخيل (*Phoenix dactylifera*)، أهمية تجارية كبيرة على المستوى العالمي وتحديداً في دول الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. تبرز الخسائر الكمية والنوعية الناتجة عن انحلال التمور بعد الجني أهمية تطوير تقنيات مناسبة لحفظها. في هذا العمل، نقوم بمراجعة مظاهر التلف التي تصيب التمور بسبب مختلف العوامل الإحيائية والغير الإحيائية أثناء تخزينها. نناقش أيضاً مجموعة من الأساليب وطرق المعالجة المستخدمة للحفاظ على الجودة ونعرض دور اختيار علب التغليف المناسبة للمنتوج في الحفاظ على خصائص جودة التمر. وفي الأخير، نؤكد على أهمية التحكم في ظروف التخزين والممارسات الجيدة من أجل نجاح عملية الحفظ والاحترام الكامل لمعايير تسويق التمور.

الكلمات المفتاحية : *Phoenix dactylifera*، التمر، ما بعد الجني، التلف، الحفظ، الجودة.

Introduction

Les dattes, fruits du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), sont riches en glucides, fibres alimentaires, vitamines, éléments minéraux et acides aminés, ce qui leur confère une valeur nutritionnelle importante (Benmeziane-Derradji, 2019 ; Hussain *et al.*, 2020 ; Ibrahim *et al.*, 2021). Outre la consommation à l'état frais, plusieurs produits dérivés tels que le sirop (Bouhlali *et al.*, 2020), le jus (Mostafa *et al.*, 2020), la confiture (Masmoudi *et al.*, 2010) et la pâte (Harrak *et al.*, 2018) ont été développés afin de valoriser les dattes de faible qualité marchande, d'élargir les issues de commercialisation et d'augmenter la valeur ajoutée de la filière dattière. De plus, en raison de leur richesse en composés phytochimiques tels que les flavonoïdes, les caroténoïdes et les phénols, les dattes et leurs dérivés sont dotés de nombreuses activités biologiques notamment antimicrobienne, antioxydante, anti-inflammatoire, antidiabétique, anticancéreuse, *etc.* (Khalid *et al.*, 2017 ; Idowu *et al.*, 2020). De ce fait, les dattes sont consommées non seulement à des fins diététiques, mais également pour leurs bienfaits thérapeutiques. Les multiples vertus des dattes, couplées à leur saveur mielleuse, promeuvent leur consommation et popularité. Par conséquent, un défi majeur qui confronte les producteurs et les conditionneurs des dattes est d'assurer et de préserver la qualité et la salubrité de cette denrée, à tous les stades de la chaîne alimentaire, afin de répondre aux attentes des consommateurs.

La préservation et le maintien de la qualité des dattes dépendent étroitement de la conduite technique au sein du verger, de leur manipulation lors de la cueillette et pendant le stockage post-récolte (Siddiq et Greiby, 2014). En effet, le non-respect des bonnes pratiques de récolte et d'hygiène (BPH), ainsi que l'application de méthodes de traitement et de conservation peu appropriées et la non-maîtrise des conditions de l'entreposage post-récolte engendrent des défauts et/ou des altérations réversibles et parfois irréversibles (cristallisation des sucres, brunissement, acidification, détachement de l'épicarpe, dessèchement, *etc.*) (Noutfia *et al.*, 2018). Ces détériorations, causées par différents facteurs physiques, chimiques ou biologiques (Lobo *et al.*, 2014) sont à l'origine des pertes qualitatives et quantitatives considérables dans la chaîne de valeur des dattes (El-Habbab *et al.*, 2017). Ainsi, la conservation des dattes constitue le maillon décisif de la filière phœnicicole pour la valorisation de la production dattière.

Au Maroc, des efforts considérables ont été déployés afin de pallier ces problèmes qui nuisent à la qualité commerciale des dattes, à savoir l'élaboration de manuels pratiques regroupant les aspects scientifiques, techniques et réglementaires (Harrak, 2019), la sensibilisation et la formation des agriculteurs, ainsi que la mise au point et l'application de techniques de traitement et d'opérations complémentaires permettant l'amélioration de la stabilité des dattes pendant leur stockage/conservation post-récolte (Harrak et Boujnah, 2012). À l'aval de la filière et dans le même contexte, l'état marocain a mis en place 42 unités de conditionnement et d'entreposage frigorifique d'une capacité de 50 à 400 tonnes, gérés par des groupements d'intérêt économiques (GIE), dont chacun est constitué de plusieurs coopératives agricoles. C'est ainsi que 25 GIEs ont été créés à l'initiative des services du ministère de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts (MAPMDREF) pour couvrir les palmeraies de 4 régions (Oriental, Drâa-Tafilalet, Souss-Massa et Guelmim-Oued Noun). Les missions prioritaires assignées aux GIEs consistent à fournir les services de conditionnement, de stockage et de mettre en place une stratégie de marketing, dans l'objectif de rehausser la valeur marchande des dattes (Berahmani *et al.*, 2016). Néanmoins, ces entrepôts frigorifiques souffrent encore de certaines limitations telles que la non-existence de barèmes spécifiques adaptés selon les propriétés intrinsèques de chaque variété de dattes, la non-maîtrise de l'humidité relative (absence d'humidificateur) et parfois la fluctuation de la température ambiante (coupures

d'électricités) dans les chambres de stockage ; ce qui engendre l'apparition des défauts et/ou des altérations et compromet la valeur marchande des dattes (Noutfia *et al.*, 2018).

Dans le présent travail, nous passons en revue les opérations et les techniques utilisées pour le traitement post-récolte des dattes. De ceci nous discutons les différents processus de conservation des dattes, depuis la cueillette jusqu'à la mise sur le marché, garantissant une amélioration significative de la qualité de l'offre allant vers la satisfaction des consommateurs. Pour ce faire, il sera primordial de comprendre en premier lieu le processus de développement et de maturation des dattes, puisque les réactions qui se produisent à ce niveau influencent significativement le comportement de la datte en post-récolte. En deuxième lieu, connaître les types d'altérations qui menacent la qualité des dattes pendant leur stockage permettra d'établir une base pour une mise au point de stratégies de conservation appropriées.

Structure et stades de maturité de la datte

Structure

La datte est une baie de forme ellipsoïde entourée d'une enveloppe cellulosique appelée épicarpe dont l'épaisseur, la texture et la couleur varient selon les variétés. Le fruit renferme une seule graine, à albumen extrêmement dur, connue sous le nom « noyau » qui est recouvert d'une fine couche ou endocarpe. Le noyau est marqué par un sillon longitudinal sur sa face ventrale et par un petit trou appelé micropyle, sur sa face dorsale, sous lequel se trouve l'embryon. Les graines de différentes variétés de dattes diffèrent par la profondeur du sillon et la position du micropyle (central ou périphérique). Le mésocarpe, constitué de cellules parenchymateuses, représente la plus grande partie de la pulpe du fruit, plus ou moins charnue et de consistance variable selon les variétés. Il présente une zone interne de couleur claire et de texture peu, moyennement ou très fibreuse selon les variétés, et une zone externe de couleur plus soutenue et de texture compacte (Ghnimi *et al.*, 2017). L'ensemble « épicarpe, mésocarpe et endocarpe » est confondu sous l'appellation chair ou pulpe et constitue le péricarpe du fruit (Figure 1).

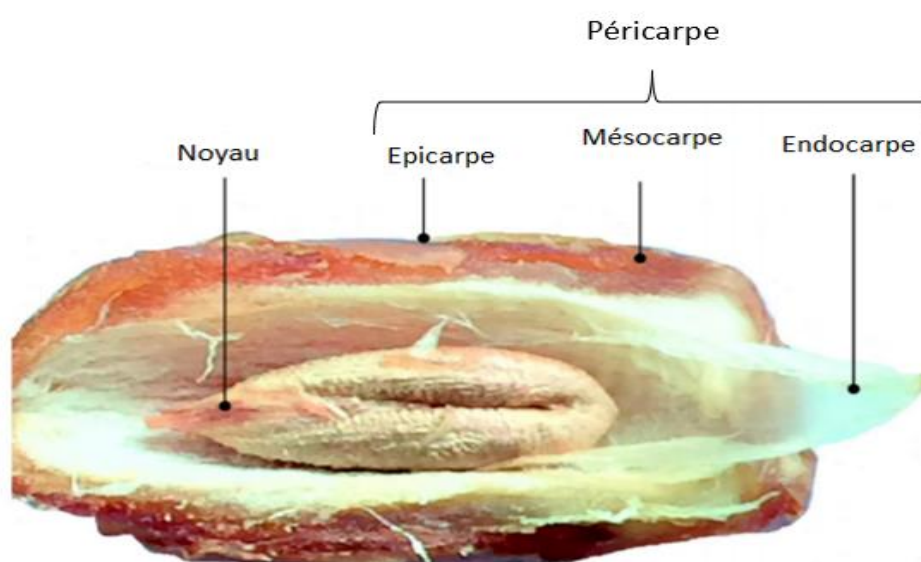


Figure 1 : Anatomie de la datte au stade *Tamr* (Ghnimi *et al.*, 2017).

Développement et maturation

Les dattes se développent en cinq stades : *Hababouk*, *Kimri*, *Khalal*, *Routab* et *Tamr*, au cours desquelles des modifications internes et externes du fruit se produisent (Figure 2). Elles deviennent mûres et comestibles au stade *Tamr* en raison de leur texture ramollit (diminution de la teneur en pectine, cellulose, hémicellulose et lignine), de la disparition de l'astringence (précipitation des tanins sous forme insoluble) et de l'augmentation de la teneur en sucres. De plus, à ce stade les dattes perdent une quantité importante d'eau ce qui augmente leur aptitude à la conservation (Ashraf et Hamidi-Esfahani, 2011). Cependant, bien qu'incomplètement mûres, certaines variétés de dattes peuvent également être consommées aux stades *Khalal* et *Routab* dans certains pays où elles sont particulièrement appréciées (Jahiel, 1998 ; Vashishtha, 2003).

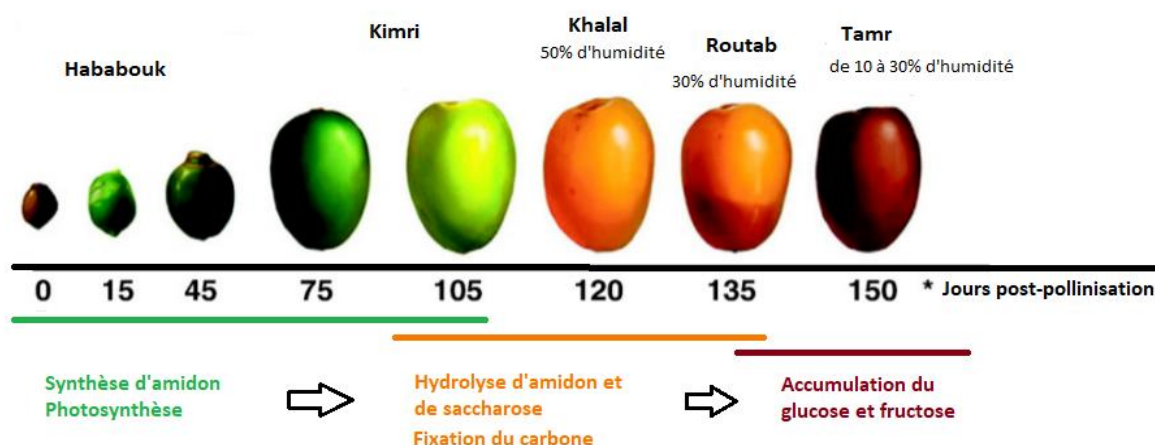


Figure 2 : Stades de développement et maturation des dattes (Al-Mssallem *et al.*, 2013).

Au cours du processus de maturation, un certain nombre de facteurs transcriptionnels est activé suite à des voies de signalisation complexes, induisant la transcription de gènes responsables des changements métaboliques et physiologiques qui se produisent (Figure 3). Les protéines ainsi synthétisées sont impliquées dans de nombreux processus notamment la biosynthèse de l'éthylène, la synthèse des sucres et des acides organiques qui améliorent le goût, la genèse de substances volatiles (cétones, aldéhydes, esters...) responsables de l'odeur et de l'arôme de maturation des dattes, le développement d'enzymes responsables de la dégradation des pigments (chlorophylles, carotènes, anthocyanes, etc.) et du changement de couleur, et des enzymes qui catalysent la dégradation des membranes et des parois cellulaires (cellulase, pectinestérase, polygalacturonase, xylanase, etc.), assurant le ramollissement du fruit (Serrano *et al.*, 2001 ; Awad *et al.*, 2011 ; Lobo *et al.*, 2014).

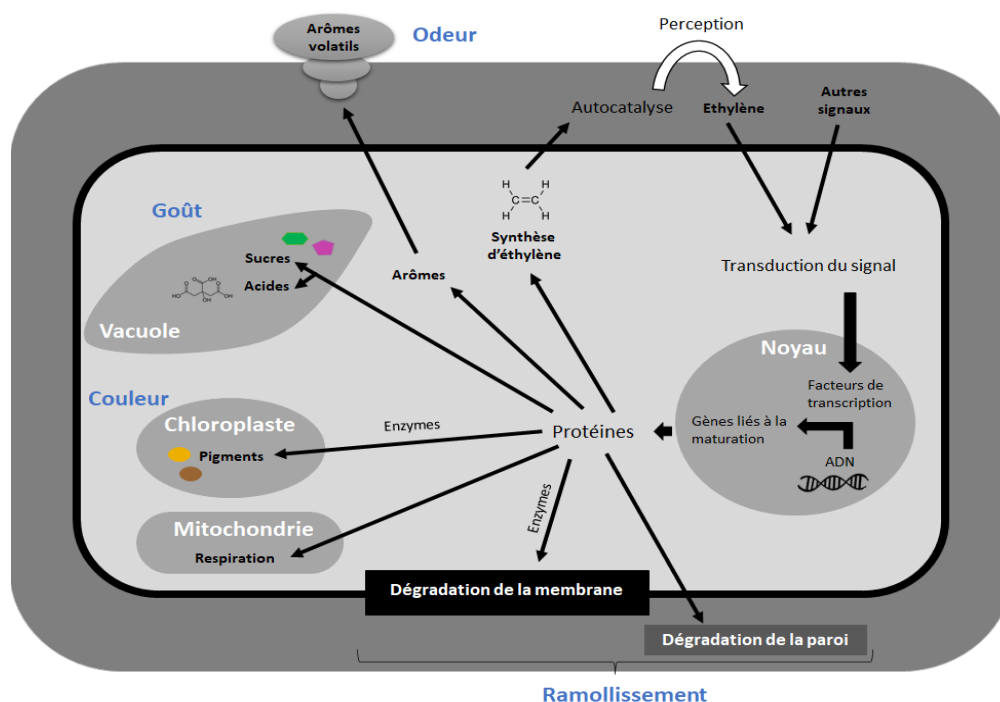


Figure 3 : Schéma représentant la série de changements métaboliques qui se produisent dans les dattes pendant le processus de maturation (adapté de El Hadrami et Al-Khayri, 2012).

Une étude menée par Diboun *et al.* (2015) a montré que le processus de maturation est le principal moteur de variation du métabolome de la datte. Ces auteurs ont observé trois phases métaboliques distinctes : une première phase caractérisée par la synthèse d'hormones régulatrices, d'amines, de tanins et de saccharose, avec une production d'énergie et une activité antioxydante marquée; une seconde phase avec un métabolisme secondaire caractérisé par la présence des phénylpropanoïdes, des phospholipides, des sphingoïdes et des vitamines ; et une phase tardive marquée par la présence des sucres réducteurs et dérivés, composés organiques volatils et acides gras insaturés, avec une activité marquée de déshydratation des sucres.

Comme les dattes sont réputées pour leur teneur élevée en sucres, Al-Mssallem *et al.* (2013) ont construit, à l'aide de données transcriptomiques, un profil d'expression génique de 30 enzymes impliquées dans le métabolisme du sucre durant le développement de la datte et les gènes codant pour ces enzymes ont été classés en deux groupes : gènes exprimés précocement et gènes exprimés tardivement (Figure 4).

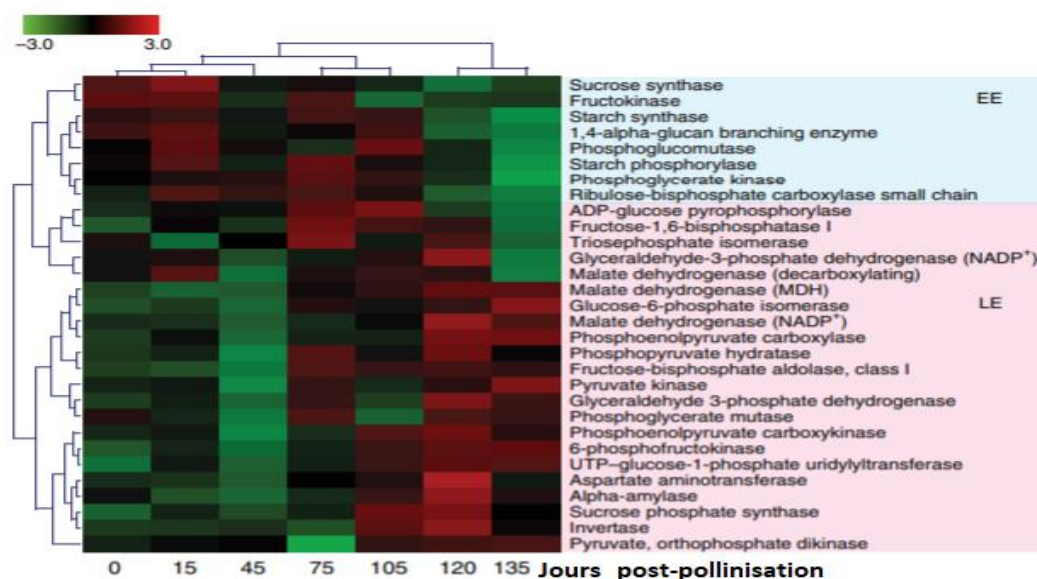


Figure 4 : Profil de l'expression génique de 30 enzymes clés liées au métabolisme du sucre. Les gènes exprimés aux stades précoces du développement sont représentés dans la partie bleue EE (0-75 jours post-pollinisation) et ceux exprimés aux stades tardifs sont représentés dans la partie rose LE (105-135 jours post-pollinisation) (Al-Mssallem *et al.*, 2013).

Bien que les changements se produisant dans les dattes au cours de la croissance, de développement et de maturation soient génétiquement contrôlés, ils sont également influencés par des facteurs environnementaux tels que : la taille des régimes, la température, l'humidité, l'approvisionnement en eau et l'apport en minéraux (Sedra, 2003). Par conséquent, une gestion appropriée du palmier dattier en pré-récolte améliore la qualité et la durée de conservation des dattes en post-récolte (Bhatt et Jampala, 2020).

Caractérisation des dattes et évaluation de leur qualité

Les variétés de dattes récoltées au stade *Tamr* présentent des caractéristiques morphologiques, physicochimiques et sensorielles distinctes (Tableau 1). Elles diffèrent aussi selon les conditions agro-climatiques, de récolte et de post-récolte (Harrak et Boujnah, 2012). Par ailleurs, les dattes mûres et fraîches peuvent être classées selon leur consistance en trois catégories : molles (> 30% d'humidité), demi-molles (entre 20 et 30% d'humidité) et sèches (< 20% d'humidité) (Lobo *et al.*, 2014). En fait, la consistance de la datte au stade *Tamr* détermine son aptitude à la conservation en tant que fruit frais. De plus, l'indice de qualité ou de dureté « r » (égal au rapport de la teneur en sucres sur la teneur en eau) permet aussi d'estimer le degré de stabilité des dattes. En effet, les dattes molles, demi-molles et sèches ont respectivement un indice r inférieur à 2, entre 2 et 3,5 et supérieur à 3,5 (Harrak, 2019).

Les différentes variétés de dattes sont évaluées sur la base de caractères agromorphologiques, physicochimiques, biochimiques et microbiologiques. La période de maturité des dattes est l'un des caractères qui permet de contrôler et maîtriser l'opération de récolte. Elle est qualifiée comme « très précoce », « précoce », « moyennement précoce », « de saison », « moyennement tardive » et « tardive », lorsque la récolte est effectuée en « juillet », « août », « septembre/début octobre », « mi-octobre », « fin octobre/début novembre » et « mi-novembre », respectivement (INRA, 2011).

En plus de la forme et du calibre (Harrak et Boujnah, 2012), la couleur quantifiée par les paramètres a* (rouge-vert), b* (jaune-bleu) et L* (luminance) (Al-Hooti *et al.*, 1997) est un critère de qualité important pour la commercialisation des dattes. Le goût généralement lié

à la présence de composés aromatiques et de substances volatils responsables de l'arôme et de la saveur des dattes (Harrak *et al.*, 2005 ; Mezroua *et al.*, 2017) est souvent utilisé comme marqueur de la qualité sensorielle des fruits. Le pourcentage de pulpe, par rapport au poids de la datte entière, constitue également une caractéristique d'appréciation de la valeur marchande de la datte. Ce pourcentage peut être évalué comme « très faible », « faible », « moyen », « élevé » et « très élevé », lorsque les valeurs sont de l'ordre de « <80 », « 80-83 », « 84-86 », « 87-90 » et « >90% », respectivement (INRA, 2011).

La qualité physicochimique des dattes par la mesure de certains paramètres tels que la texture, le pH, l'acidité titrable, les solides solubles totaux, la teneur en sucres réducteurs/non-réducteurs, l'activité d'eau (a_w), le taux d'humidité et le taux de cendres permet de déterminer la conformité des dattes aux exigences du marché. Le suivi de l'évolution de ces paramètres aide à évaluer la performance des techniques et des conditions utilisées pour la conservation des dattes pendant le stockage (Dehghan-Shoar *et al.*, 2010 ; Aleid *et al.*, 2014a ; Hazbavi *et al.*, 2015). La connaissance de la composition nutritionnelle des dattes pourrait également promouvoir leur consommation. De nombreux travaux ont rapporté la richesse des dattes en nutriments (éléments minéraux, fibres alimentaires, acides aminés, etc.) et en composés phytochimiques (flavonoïdes, caroténoïdes, phénols...) liés à de nombreux avantages diététiques et thérapeutiques (Khalid *et al.*, 2017 ; Idowu *et al.*, 2020 ; Hussain *et al.*, 2020 ; Ibrahim *et al.*, 2021).

Finalement, la détermination de la charge microbienne de certaines espèces, ainsi que le taux d'infestation (par la pyrale, les charançons...) des dattes, permet de vérifier la qualité hygiénique afin d'assurer leur sécurité et salubrité avant la mise sur le marché (Hasnaoui *et al.*, 2010 ; Zamir *et al.*, 2018). Il est donc impératif de caractériser les dattes et de s'assurer qu'elles répondent aux normes d'hygiène et de qualité avant de les commercialiser. Parmi les normes officielles de commercialisation et de contrôle de la qualité des dattes, on trouve la norme CODEX STAN 143-1985 à l'échelle internationale, la norme CEE-ONU DDP-08 à l'échelle européenne, la norme tunisienne NT 45.14 (2016) et la norme marocaine NM 08.1.135. Il existe aussi des textes réglementaires marocains comme l'arrêté n°2399-18 (2018) et le décret n°2-17-433 (2017).

Tableau 1 : Origine géographique, période de maturité, caractéristiques morphologiques et valeur marchande des principales variétés de dattes marocaines.














Variété	Illustration	Répartition géographique (INRA, 2011)	Période de maturité (INRA, 2011)	Forme (INRA, 2011)	Dimensions moyennes (cm) (Harrak <i>et al.</i> , 2003)	Poids moyen (g) (Harrak <i>et al.</i> , 2003)	Couleur (INRA, 2011)	Consistance (INRA, 2011)	% de la pulpe (INRA, 2011)	Teneur moyenne en sucres totaux (g/100g de MS)	Valeur marchande (INRA, 2011)
Mejhoul		Ziz, Drâa, Tafilalet, Oriental, Djbel Bani et Saghro	Tardive dans le Drâa, moyennement tardive à l'amont de Ziz et de saison dans son berceau (Tafilalet)	Ovoïde allongée	L = 4,6 D = 2,47	22,43	Marron foncé	Demi-molle	Très élevé	80,6 (Harrak <i>et al.</i> , 2005)	Excellente
Boufeggous		Ziz, Drâa, Tafilalet, Oriental, Anti-Atlas, Bani, Saghro, Ferkala, Ghéris-Guir, Todra, entre le Saghro et le haut Atlas	De saison	Ovoïde	L = 3,8 D = 2,49	16,94	Marron	Molle	Très élevé	64,7 (Harrak <i>et al.</i> , 2005)	Bonne
Bourhare		Drâa, Bani, Saghro et Tafilalet	Moyennement tardive	Elliptique	L = 4,25 D = 2,11	9,75	Jaune doré à marron	Demi-molle	Très élevé	---	Bonne
Bouskri		Drâa, Tafilalet, Oriental, Anti-Atlas, Bani, Saghro, Todra, entre le Saghro et le haut Atlas	Moyennement tardive	Ovoïde allongée	L = 3,19 D = 1,98	7,76	Marron verdâtre	Sèche	Moyen	72,5 dont 60% est constituée de saccharose (Harrak <i>et al.</i> , 2005)	Bonne (goût sucré et grande aptitude à se conserver)
Bouslikhène		Tafilalet, Saghro	Moyennement précoce	Ovoïde	L = 2,52 D = 1,71	3,95	Marron clair	Demi-molle	Moyen	---	Faible
Bouittob		Anti-Atlas, Bani	Moyennement tardive	Ovoïde	L = 2,61 D = 1,63	4,23	Marron clair	Sèche	Elevé	77,3 (Harrak <i>et al.</i> , 2005)	Moyenne
Iklane		Anti-Atlas, Bani, Drâa, Saghro	Tardive	Cylindrique	L = 3,35 D = 1,89	7,12	Brun rougeâtre	Demi-molle	Elevé	---	Faible

Tableau 1 (suite) : Origine géographique, période de maturité, caractéristiques morphologiques et valeur marchande des principales variétés de dattes marocaines

Variété	Illustration	Répartition géographique (INRA, 2011)	Période de maturité (INRA, 2011)	Forme (INRA, 2011)	Dimensions moyennes (cm) (Harrak et al., 2003)	Poids moyen (g) (Harrak et al., 2003)	Couleur (INRA, 2011)	Consistance (INRA, 2011)	% de la pulpe (INRA, 2011)	Teneur moyenne en sucres totaux (g/100g de MS)	Valeur marchande (INRA, 2011)
Bousthammi noire		Bani, Drâa, Tafilalet, Saghro, Anti-Atlas	Moyennement tardive	Ovoïde	L = 2,75 D = 1,81	4,63	Noire	Molle	Elevé	77,52 (Bouhlali et al., 2015)	Faible (mais appréciée pour l'auto consommation, goût excellent)
Aziza		Oriental (Figuig)	De saison	Cylindrique	---	---	Du jaune verdâtre- au marron	Demi-molle	Elevé	---	Appréciée dans son berceau
Jihel		Drâa, Bani, Anti-Atlas, Tafilalet, Saghro, entre le Saghro et le Haut-Atlas	Tardive	Ovoïde	L = 3,44 D = 2,07	9,07	Marron clair	Sèche	Elevé	78,3 (Harrak et al., 2005)	Bonne
Ahardane		Drâa, Anti-Atlas, Saghro, Bani, Oriental	Précoce	Cylindrique	L = 3,68 D = 2	8,39	Marron clair	Demi-molle	Elevé	77,5 (Harrak et al., 2005)	Moyenne (valorisé par sa précocité)
Bouzeggar		Drâa, entre le Saghro et le haut Atlas, Ferkala, Ghéris	Tardive	Cylindrique	L = 3,44 D = 1,86	6,94	Brun rougeâtre	Demi-molle	Elevé	66,34 (Bouhlali et al., 2015)	Faible
Otoukdime		Entre le Saghro et Haut-Atlas, Todra	Moyennement tardive	Ovoïde allongée	L = 3,28 D = 1,96	6,35	Marron clair	Sèche	Très élevé	---	Moyenne

Dégradation de la qualité des dattes

La datte, comme tout autre fruit, est sujette à de nombreuses altérations affectant sa qualité organoleptique, physicochimique et hygiénique. D'une manière générale les dattes demi-molles et sèches se conservent mieux que les dattes molles. Ces dernières telles que la variété *Boufeggous* sont souvent attaquées par des levures et des moisissures. Par conséquent, elles sont difficiles à conserver et doivent être consommées pas longtemps après la récolte, ou stockées à moyen terme après stabilisation par séchage ou à long terme par le biais d'une congélation à -20°C (Harrak, 2019). En fait, différents agents de dégradation de nature biologique, microbiologique, physique et biochimique sont à l'origine des détériorations qui déprécient la qualité et la valeur marchande des dattes (Tableau 2).

Les insectes sont les ravageurs les plus redoutables qui engendrent des pertes qualitatives et quantitatives considérables et déprécient la valeur marchande des dattes. La pyrale est l'un des insectes qui causent des dégâts beaucoup plus importants durant le stockage que sur le champ. Haddouche (1999) a rapporté des pertes estimées entre 1 et 4% au verger et aux alentours de 40% en stockage. Au Maroc, diverses espèces de pyrale peuvent s'attaquer aux dattes, à savoir *Ectomyelois ceratoniae* qui est le ravageur majeur, *Plodia interpunctella* et *Ephestia figulilella* qui sont des prédateurs secondaires. Les dégâts dus à la pyrale varient selon la variété (*Boufeggous* est la variété la plus vulnérable par rapport aux variétés *Mejhoul* et *Bouslikhene*), les pratiques culturales (l'ensachage des régimes permet de réduire notablement l'infestation des dattes) et les conditions climatiques (les années humides favorisent la pullulation de la pyrale) (Bouka et al., 2001). Le taux d'infestation peut être réduit en appliquant différentes techniques telles que la fumigation (Mahdi et al., 2017), l'irradiation aux rayons gamma (Iqtedar et al., 2015), la réfrigération (Lallouche et al., 2017) et le traitement thermique qui est une solution technologique saine, peu coûteuse et compatible avec le label bio (Aribi et al., 2021).

Quant à la détérioration fongique, selon Al-Sheikh (2009), la perte des dattes est estimée à plus de 50%. Les genres de champignons les plus courants sont *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Rhizopus* et *Penicillium* (Bokhary, 2010 ; Al-Bulushi et al., 2017 ; Al-Mutarrafi et al., 2019). Ces champignons infectent les dattes en post-récolte placées sous une température modérée et une humidité relative élevée (Shenasi et al., 2002a). La détérioration microbienne des dattes pourrait également être causée par des levures, genre *Zygosaccharomyce*, *Candida*, *Debaryomyces* et *Torulaspora*, qui fermentent les sucres en alcool (Hamad, 2012) et des bactéries, genre *Bacillus* et *Lactobacillus*, qui convertissent les sucres et l'alcool en acides lactique et acétique (Hamad, 2008 ; Al Hazzani et al., 2014), ainsi que les staphylocoques et les coliformes indicateurs d'une mauvaise manipulation, d'un non-respect des pratiques d'hygiène ou d'un traitement inadéquat (Aleid et al., 2014b). Des études antérieures ont rapporté que la prolifération microbienne des dattes est généralement plus faible au stade *Kimri* et augmente considérablement au stade *Routab*, puis diminue au stade *Tamr* (Shenasi et al., 2002b). Bien que le taux de contamination microbienne varie selon les variétés et les cultivars (Aleid et al., 2014b), la teneur en eau des dattes et la température de stockage sont les facteurs les plus critiques (Hamad, 2008). Généralement, il a été constaté que la plupart des microorganismes causant la détérioration des dattes sont inhibés lorsque celles-ci sont conditionnées et stockées à basses températures. De plus, la présence de composés antimicrobiens dans la pulpe des dattes empêche la croissance d'un large spectre de microorganismes (Hamad, 2012). Le séchage des dattes jusqu'à une humidité de 20% et la désinfestation constituent d'autres méthodes courantes pour réduire considérablement l'incidence des agents microbiens (Sarraf et al., 2021).

Les dattes subissent aussi des blessures mécaniques qui se produisent au cours des différentes opérations de manipulation en pré et en post-récolte. Le gel de glace, entre autres, qui peut survenir au champ ou aux chambres froides à des températures de congélation, entraîne des dommages aux tissus, ce qui provoque des piqûres à la surface, une perte de saveur, une décoloration interne et une sensibilité accrue à la pourriture microbienne (Sarraf *et al.*, 2021). L'utilisation de réchauffement intermittent, de films/enrobages comestibles, d'emballages et d'application d'acides salicylique et jasmonique sont parmi les techniques les plus utilisées pour la prévention des blessures des fruits dues au froid (Aghdam et Bodbodak, 2013).

Les conditions de stockage post-récolte influencent la composition chimique des dattes dont la qualité texturale. En effet, un stockage prolongé, une température élevée et une humidité relative non-maîtrisée provoquent une évaporation de l'eau contenue dans les dattes, un dessèchement de la pulpe et un détachement de l'épicarpe (Noutfia *et al.*, 2018).

D'autres défauts sont couramment observés pendant le stockage des dattes, à savoir, l'apparition des tâches de sucres au-dessus et au-dessous de l'épicarpe (Noutfia *et al.*, 2018) et l'inversion du saccharose en fructose et glucose suite à l'action de l'invertase (Yahia *et al.*, 2014). Ces modifications chimiques engendrent un déséquilibre en humidité de la dattes, une modification de son arôme naturel et une dégradation de son aspect visuel.

Les dattes sont riches en composés phénoliques biologiquement actifs et ayant des effets bénéfiques pour la santé humaine. Au-delà de leurs bienfaits thérapeutiques, les composés phénoliques sont impliqués dans le processus de maturation génétiquement régulé, en particulier les voies biochimiques et physiologiques responsables du ramollissement de la chair, de la synthèse des pigments et de la production de composés volatils et aromatiques. Les métabolites produits peuvent affecter la durée de conservation des dattes ainsi que la qualité organoleptique. En effet, les composés phénoliques agissent comme substrats pour les réactions enzymatiques de brunissement, sous l'action de la polyphénoloxydase en présence de l'oxygène, lors de la manipulation, le traitement et le stockage des dattes. Ces réactions engendrent des quinones qui se polymérisent et génèrent des pigments bruns et insolubles appelés mélanines responsables de la détérioration de la couleur et du goût (Singh *et al.*, 2018). De plus, lors du traitement thermique et du stockage prolongé des dattes, des réactions de brunissement non-enzymatique (réaction de Maillard) peuvent avoir lieu. Ces réactions, qui mettent en jeu le groupement carbonyle des sucres réducteurs et le groupement amine des protéines et/ou d'acides aminés, engendrent, quant à elles, des composés bruns qui dégradent la qualité organoleptique des dattes. Il a été montré que l'activité de l'eau des fruits est un facteur influençant le degré de brunissement lors du stockage (Frank *et al.*, 2004). Le stockage à des basses températures, le traitement à l'acide salicylique (Adhikary *et al.*, 2021) et l'emballage sous vide et sous atmosphère modifiée (Moradinezhad et Dorostkar, 2021) sont des méthodes efficaces pour réduire le brunissement des fruits en post-récolte.

Tableau 2 : Agents biologiques, microbiologiques, physiques et biochimiques causant des détériorations post-récolte de dattes pendant le stockage.



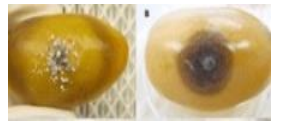




Type d'altération	Agent d'altération	Facteurs favorisant l'altération	Défauts observés	Illustration du défaut	Référence
Biologique	Infestation par les pyrales (<i>Ectomyelois ceratoniae</i> Zeller., <i>Cadra figulilella</i> Greg., <i>Plodia interpunctella</i> Hbn. et <i>Cadra cautella</i> Walk) et les charançons (<i>Oryzaephilus surinamensis</i> , <i>Tribolium confusum</i> et <i>Carpophilus</i> spp.).	<ul style="list-style-type: none"> - Niveau élevé du taux d'infestation initial avant stockage (présence d'œufs). - Teneur en eau initiale des dattes élevée. - Température et humidité de l'air de stockage élevées. - Facteur variétal (les variétés à maturité précoce et à épiderme fin sont les plus vulnérables à l'attaque de la pyrale, comme <i>Boufeggous</i>, <i>Ahardane</i> et <i>Tadment</i>). 	Dommages qualitatifs et quantitatifs (jusqu'à 40% de pertes pendant l'entreposage) dus aux chenilles, roses jaunâtres, qui se nourrissent de la pulpe, en laissant des excréments brunâtres à l'intérieur de la datte.		Bouka <i>et al.</i> , 2001 ; Idder <i>et al.</i> , 2009 ; Harrak, 2019.
Microbiologique	Levures (<i>Zygosaccharomyce mellis</i> , <i>Candida lipolytica</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Torulaspora delbrueckii</i>).	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en humidité des dattes au-dessus de 25%. - Température de stockage dépassant 20°C. - Durée de stockage prolongée. 	Agrégats blancs, fermentation des dattes (transformation des sucres en alcool) et parfois formation de poches de gaz sous la peau et décoloration de la pulpe.		Hamad, 2012 ; Harrak, 2019.
	Bactéries (<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus</i> spp., <i>Acetobacter</i> , les coliformes fécaux et totaux et les bactéries lactiques).	<ul style="list-style-type: none"> - Les bactéries sont plus actives sur des dattes déjà contaminées par les levures (elles convertissent l'alcool produit par les levures en acide acétique). 	Acidification des dattes (conversion des sucres et de l'alcool en acide lactique et acétique) et par conséquent odeur de vinaigre.		Hamad, 2012; Al Hazzani <i>et al.</i> , 2014; Harrak, 2019.
	Champignons (<i>Aspergillus</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Penicilium</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Mucor</i> , <i>Alternaria alternata</i>).	<ul style="list-style-type: none"> - Dattes à teneur élevée en humidité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation de mycélium et filaments de moisissures visibles à l'œil nu. - Production de toxines dangereux pour le consommateur. 		Al Hazzani <i>et al.</i> , 2014 ; Harrak, 2019.
Physique	Chocs mécaniques, écrasement, coupures et vibrations.	<ul style="list-style-type: none"> - Accidents des dattes lors des différentes opérations de manipulation et du transport. - Emballages non rigides et tassés. 	Ces accidents provoquent des blessures qui déprécient l'aspect visuel de la datte et des lésions qui accélèrent le processus d'altérations biologiques et microbiologiques.		Harrak, 2019.

Tableau 2 (suite) : Agents biologiques, microbiologiques, physiques et biochimiques causant des détériorations post-récolte de dattes pendant le stockage.

Type d'altération	Agent d'altération	Facteurs favorisant l'altération	Défauts observés	Illustration du défaut	Référence
Physique	Détachement de l'épicarpe	<ul style="list-style-type: none"> - Durée de stockage prolongée. - Température de stockage élevée. - Dattes molles. - Conditions climatiques au cours de la maturation qui rendent les dattes prédisposées à ce phénomène. 	La peau devient sèche, dure et cassante qui se sépare de la chair.		Yahia <i>et al.</i> , 2013 ; Noutfia <i>et al.</i> , 2018.
	Tâches de sucres (cristallisation)	<ul style="list-style-type: none"> - Teneur en eau initiale des dattes entre 22 et 33%. - Température et durée de stockage élevées. - Limitées aux dattes à sucres invertis et rarement observées dans les dattes à saccharose. - Migration des sucres réducteurs solubles dans l'eau interne de la datte à la surface. 	Formation de dépôts granuleux de sucres à la surface, au-dessous de la peau et dans la chair du fruit, ce qui réduit sa valeur commerciale par l'altération de l'apparence et de la texture.		Salem, 1995 ; Noutfia <i>et al.</i> , 2018.
Biochimique	Inversion du saccharose	<ul style="list-style-type: none"> - Richesse des dattes stockées en invertase. - Température et humidité relative des lieux de stockage élevées. - Légère augmentation de l'acidité des dattes stockées (pH optimal pour l'invertase). 	Transformation du saccharose en fructose et glucose ce qui diminue l'humidité de la datte et son activité d'eau (hydrolyse du saccharose). Dattes sirupeuses.	---	Chaira <i>et al.</i> , 2011.
	Brunissement enzymatique	<ul style="list-style-type: none"> - Taux d'oxygène élevé. - Température et humidité relative des lieux de stockage élevées. - Concentration élevée en composés phénoliques. - Action de la polyphénol-oxydase (PPO). - Facteur variétal et traitements antérieurs des dattes stockées. 	Modification de la couleur (polymères oxydés bruns), de la flaveur et de la qualité nutritionnelle de la datte.		Al-Amrani <i>et al.</i> , 2020 ; Macheix <i>et al.</i> , 1990.
	Brunissement non enzymatique (Réaction de Maillard)	<ul style="list-style-type: none"> - Réaction entre une fonction carbonylée (des sucres réducteurs) et une fonction amine libre (des protéines). - Température et humidité relative des lieux de stockage élevées. - Activité d'eau des dattes élevée. 	Brunissement, goût de caramel, odeur et saveur indésirables.		Al-Amrani <i>et al.</i> , 2020 ; Martins <i>et al.</i> , 2000.

Méthodes de traitement des dattes pour la préservation de la qualité

Le stockage des dattes fraîches s'accompagne d'attaques d'insectes, de prolifération microbienne, d'évaporation d'eau et de changements physiologiques, qui pourraient entraîner des pertes quantitatives et qualitatives conséquentes. Pour faire face à cette situation, des méthodes classiques (comme la réfrigération) et non classiques (comme l'irradiation) ont été utilisées pour préserver les attributs de qualité des dattes après récolte et prolonger leur durée de conservation. Cependant, ces techniques ont montré leurs limites (Tableau 3). Alternativement, d'autres approches modernes (comme le champ électrique pulsé et le traitement hyperbare) suscitent l'intérêt des technologues, mais requiert des travaux supplémentaires pour prouver leur fiabilité (Benkeblia, 2011).

D'une manière générale, les dattes se conservent longtemps, si elles sont indemnes, cueillies et traitées convenablement, stockées dans des conditions appropriées et possédant un indice de dureté et une activité d'eau permettant leur stabilité microbiologique, physicochimique et biochimique. De ce fait, une technologie appropriée de conservation des dattes doit couvrir toutes les étapes de la récolte à la commercialisation (Harrak et Boujnah, 2012).

Les dattes récoltées d'une manière propre permettent une économie de temps lors du nettoyage, alors que celles souillées et abimées entraînent un travail supplémentaire pour les unités de conditionnement. Les méthodes de récolte dépendent de divers facteurs liés à la variété, au climat et aux exigences commerciales. Les méthodes de récolte manuelles sont les prédominantes telles que 1) le grappillage pour les dattes de bonne valeur marchande (*Mejhoul* et *Boufeggous*), 2) la coupe des régimes pour les variétés à maturation simultanée, 3) le secouage des régimes pour les dattes de moyenne ou de faible qualité notamment celles à maturation échelonnée et 4) l'utilisation de la poche à manche pour les cultivars à régimes pendants (Harrak, 2019). Ces pratiques rébarbatives nécessitent une main d'œuvre qualifiée et sont dangereuses en raison du travail à des hauteurs élevées, en plus des dommages physiques, des contaminations et des pertes considérables des fruits qu'elles engendrent. Pour ces raisons, la mécanisation de la récolte des dattes est recommandée pour préserver la qualité à la récolte, minimiser le risque humain et rendre le travail plus facile. Il s'agit d'utiliser des machines automatiques pour élever les ouvriers jusqu'aux fruits et retirer ces derniers du régime, et des agitateurs pour secouer les grappes coupées et séparer les fruits. Toutefois, ces méthodes mécaniques restent peu sélectives, ce qui entraîne un mélange de fruits mûrs et non mûrs (Abounajmi, 2004 ; Altaheri *et al.*, 2019). De plus, ces méthodes ne sont pas adaptées aux palmeraies traditionnelles et par conséquent leur introduction nécessite l'aménagement des voies pour l'accès des machines (Sedra, 2003).

A l'arrivée aux unités de conditionnement, les dattes immatures et endommagées ainsi que les impuretés sont éliminées. Ce triage permet également de grouper les dattes en lots homogènes selon la couleur, la texture et le calibre. Ensuite, les dattes sont nettoyées pour éliminer les particules de sable, les poussières, les débris de plantes et les produits chimiques collés à la surface. Le nettoyage est réalisé par brossage à sec et par brassage dans des laveurs à tambours pour les dattes sèches et demi-molles, ou bien par pulvérisation à jets fins d'eau pour les dattes molles. Le lavage doit être suivi d'un ressuyage à l'air libre ou en soufflerie. Les variétés sèches peuvent être lavées pendant un temps prolongé ou même trempées dans l'eau pour les laver et les hydrater en même temps. Par contre, le lavage des dattes récoltées avant maturité pourrait engendrer leur fermentation (Harrak et Boujnah, 2012). Finalement, les dattes sont traitées pour l'amélioration de leur aspect et stabilité pendant le stockage. En effet, les traitements appliqués en post-récolte peuvent être soit complémentaires (séchage, réhumidification, lustrage, cirage, dénoyautage, maturation artificielle, *etc.*) ou bien dits de conservation (fumigation,

ionisation, réfrigération, congélation, etc.) (Harrak, 2019). Le principe, l'objectif, les avantages et les inconvénients des méthodes de traitement publiées dans la littérature sont regroupés dans le Tableau 3. Plusieurs auteurs ont rapporté l'effet combiné de diverses méthodes de traitement sur la conservation prolongée des dattes (Khali, 2008 ; Jemni *et al.*, 2014 ; Hazbavi *et al.*, 2015). Il est à noter que le traitement à la chaleur à des barèmes appropriés permet à la fois une diminution de la prolifération microbienne, une élimination de tous les stades de développement des insectes (en particulier la pyrale), une amélioration de l'apparence, une maturation complémentaire pour les dattes immatures (en augmentant la vitesse des réactions chimiques responsables du processus de maturation) et une déshydratation partielle permettant une stabilité plus accrue des dattes et une prolongation de leur durée de conservation. Pour ces raisons, les conditions appropriées du traitement des dattes par la chaleur (température, humidité relative, temps) ont été déterminés par l'INRA pour différentes variétés (Najda, Jihel, Bouskri, Bouittob, etc.). Toutefois, ces conditions doivent être ajustées selon les propriétés intrinsèques des dattes à traiter (teneur initiale en eau, taux de sucre, pourcentage d'infestation, etc.) (Harrak, 2021). De plus, l'entreposage à froid des dattes traitées contribue dans la prolongation de la durée de conservation en inhibant la croissance microbienne et en ralentissant les réactions biochimiques responsables de l'altération. Dans ce sens, des travaux menés à l'INRA se sont intéressés à étudier l'impact des conditions de stockage frigorifique adoptées dans les unités sises aux palmeraies marocaines sur la qualité des dattes en post-récolte. Cependant, les différentes variétés ne réagissent pas de la même manière face aux conditions similaires, d'où la nécessité d'optimiser les barèmes de stockage frigorifique selon la spécificité de chaque variété (Noutfia *et al.*, 2018 ; Noutfia *et al.*, 2019).

Tableau 3 : Méthodes de traitement utilisées en post-récolte pour la préservation de la qualité des dattes au cours du stockage.

Méthode de traitement	Principe	Objectif	Avantages	Inconvénients	Références
Maturation artificielle ou complémentaire	Réduction de la teneur en eau et de l'astringence des dattes récoltées précocement (fruits qui ont atteint le moment critique), moyennant des agents chimiques (acide acétique) ou physiques (séchage).	Réduction de la durée de maturation et prévention des dégâts causés par la pluie ou la chute des fruits déjà mûrs.	<ul style="list-style-type: none"> - Récolte précoce des dattes en cas de pluies. - Récolte de toutes les dattes du régime lorsque la maturation est échelonnée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Brunissement si la maturation à la chaleur (température, humidité relative, temps) n'est pas maîtrisée. - La maturation artificielle par exposition au soleil est longue et onéreuse. 	Yektankhodaei <i>et al.</i> , 2006 ; Harrak, 2019.
Séchage	Réduction de la teneur en eau des dattes molles suite à leur exposition au soleil ou à des températures qui dépassent 50°C (en utilisant des fours à courant d'air chaud, étuves, microondes) pendant une durée déterminée.	Réduction du potentiel de croissance des microorganismes et inactivation des réactions biochimiques et enzymatiques indésirables.	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de la teneur en eau à volonté et par conséquent modification de l'indice de qualité « r » et son ajustement aux valeurs exigées pour chaque variété. - Destruction des œufs d'insectes. - Méthode saine de désinsectisation (ne fait appel à des produits chimiques). - Pasteurisation partielle. 	<ul style="list-style-type: none"> - Phénomènes de brunissement lors d'une exposition prolongée à une température élevée. - Barèmes « température-durée-humidité relative » non adaptés à chaque variété. 	Falade et Abbo 2007 ; Ertekin et İpek, 2020.
Réhumidification	Hydratation des dattes sèches par trempage dans de l'eau froide ou chaude, suivie d'un égouttage et d'un essuyage, ou bien par traitement à la vapeur d'eau dans une enceinte.	Adoucissement de la texture des dattes sèches pour les rendre propres à la consommation humaine.	<ul style="list-style-type: none"> - Modification de la teneur en eau à volonté et par conséquent modification de l'indice de qualité « r » et son ajustement aux valeurs exigées pour chaque variété. - Aspect brillant. - Pasteurisation partielle des dattes grâce à la vapeur d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fermentation des dattes si le temps n'est pas maîtrisé (méthode de trempage). - Dissolution des sucres de dattes dans l'eau de réhumidification (méthode de trempage). - Barèmes « température-durée-humidité relative » non adaptés à chaque variété (méthode de la vapeur d'eau). 	Yahia <i>et al.</i> , 2013 ; Harrak et Boujnah, 2012.
Lustrage (revêtement de la surface)	Trempage des dattes dans une solution de sirop de glucose, d'amidon, de méthyl cellulose ou de pectine.	Amélioration de l'apparence des dattes (aspect brillant), protection contre l'évaporation de l'eau par une couche protectrice et réduction du caractère collant des dattes molles.	<ul style="list-style-type: none"> - Prolongation de la durée de stockage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Légères modifications des attributs sensoriels. 	Mehyar <i>et al.</i> , 2014 ; Abu-Shama <i>et al.</i> , 2020 ; Rahemi <i>et al.</i> , 2020.
Fumigation	Traitement des dattes dans une enceinte par le gaz de certains produits chimiques (bromure de méthyle, dioxyde de carbone, formiate d'éthyle) ou des huiles essentielles (<i>Eucalyptus</i> sp.) à une dose et une durée bien déterminée.	Destruction des insectes à tous les stades de développement : œuf, larve, nymphe et adulte.	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode de désinsectisation efficace. 	<ul style="list-style-type: none"> - Apparition de nouvelles générations d'insectes résistants aux produits chimiques. - Nécessité de local et d'équipements appropriés dirigés par un personnel qualifié pour éviter les fuites du fumigant et les risques d'incendies et de toxications. - Réglementation très stricte/ Produits parfois nocifs pour l'homme et l'environnement. - Coût élevé. 	Haouel <i>et al.</i> , 2010 ; Bessi <i>et al.</i> , 2015 ; Dhouibi <i>et al.</i> , 2015.

Méthode de traitement	Principe	Objectif	Avantages	Inconvénients	Références
Froid	Stockage des dattes à de basses températures : -Réfrigération : de 0 à 4 °C. -Congélation : entre -18 et -0 °C. -Surgélation : <- 18 °C.	Inhibition de la prolifération microbienne et ralentissement des réactions enzymatiques.	- Préservation de la qualité des dattes pendant une longue période (congélation et surgélation).	- L'efficacité du froid dépend de la qualité initiale des dattes stockées. - Une réfrigération prolongée permet l'apparition de certains défauts (brunissement, cristallisation des sucres, détachement de l'épicarpe, durcissement de la pulpe et perte de poids). - La réfrigération ne tue pas toutes les formes de vie des insectes. - Les différentes variétés de dattes n'agissent pas de la même manière face aux conditions de froid similaires.	Aleid <i>et al.</i> , 2014a ; Alhamdan <i>et al.</i> , 2018 ; Noutfia <i>et al.</i> , 2018 ; Noutfia <i>et al.</i> , 2019.
Ionisation ou Irradiation	Irradiation des dattes par les rayons gamma.	Destruction des insectes et des microorganismes d'altération.	- Conservation de l'arôme initiale des dattes.	- Modification de la composition chimique.	Al-Kahtani <i>et al.</i> , 1998 ; Mohammadzai <i>et al.</i> , 2010 ; Iqtadar <i>et al.</i> , 2015 ; El-Beltagi <i>et al.</i> , 2019.
Traitement à l'eau électrolysée	Trempage des dattes dans l'eau électrolysée.	Réduction de la flore bactérienne et fongique des dattes stockées.	- L'eau électrolysée n'est pas corrosive pour la peau, les muqueuses et les matières organiques, ayant un potentiel élevé d'oxydoréduction avec un fort effet désinfectant contre les microorganismes. - Pas d'effet sur la qualité physicochimique et organoleptique des dattes.	Les effets de l'eau électrolysée sur la formation de sous-produits devraient être davantage étudiés.	Bessi <i>et al.</i> , 2014.
Application d'ozone (O₃)	Exposition des dattes à l'ozone en utilisant un générateur d'ozone.	Oxydation des membranes cellulaires, des acides nucléiques et des enzymes intracellulaires des microorganismes, inhibant ainsi leur croissance et l'attaque des tissus des fruits.	- L'ozone se décompose en oxygène sans laisser de résidus sur les fruits. - L'ozone est un désinfectant puissant. - Il prévient la pourriture post-récolte. - Il détruit les pesticides et les résidus chimiques. - Il oxyde l'éthylène produit par les dattes en post-récolte et prolonge ainsi leur durée de vie.	- En raison de sa forte activité oxydante, l'ozone peut affecter la physiologie du fruit et par conséquent influencer ses qualités physicochimiques. - Son efficacité dépend de la dose, de la durée et de la température de traitement.	Khalil, 2016.

Tableau 3 (suite) : Méthodes de traitement utilisées en post-récolte pour la préservation de la qualité des dattes au cours du stockage.

Conditionnement et emballage des dattes

Après traitement, les dattes doivent être pesées, mises en unités d'emballage, étiquetées et palettisées correctement selon les indications mentionnées par les lois ou les normes en vigueur, et ce afin de les protéger contre les agressions externes (chocs, chaleur, humidité, lumière, air, poussières, ...) et de favoriser leur manipulation et leur acheminement vers le marché.

Plusieurs types d'emballage (Figure 5), qui diffèrent par leurs matériaux (plastique, carton, papier, bois, ...) et leurs capacités (de 250 g à 10 kg), sont réalisés au niveau des unités de conditionnement. Le choix de l'emballage dépend de la variété de dattes et de sa consistance, de la durée de stockage et des exigences du marché. Il est recommandé d'utiliser un emballage doublé, rigide et peu profond pour les dattes molles. Lors du transport, il faut utiliser un suremballage (secondaire ou tertiaire) pour éviter les chocs. Pour les dattes de très haute qualité, un emballage unitaire peut être envisagé. Ce type d'emballage, dit conventionnel, doit être valorisant pour le produit et rassurant pour le consommateur, par le biais de textes et d'images illustrant la variété, la région de production, les caractéristiques du produit, les traitements subis, les dates de production et de péremption et notamment les informations exigées par les lois ou les normes en vigueur au niveau de l'étiquetage (Harrak et Boujnah, 2012).



Figure 5 : Divers types d'emballage des dattes : (a) plaquette en polystyrène, (b) barquette en plastique, (c) boîte en carton, (d) sachet en plastique.

D'autres techniques peuvent être utilisés pour emballer les dattes, à savoir l'emballage sous vide ou à atmosphère modifiée. L'emballage sous vide consiste à déposer les dattes dans des sacs ou sachets en retirant totalement ou partiellement l'air du colis, ce qui réduit la quantité d'oxygène dans l'atmosphère de stockage et par conséquent ralentit le taux de respiration du fruit, empêche le brunissement enzymatique et inhibe la croissance de certains microorganismes d'altérations (Gorris et Peppelenbos, 1992). La technique d'emballage sous atmosphère modifiée consiste à modifier la composition de l'air normal (78,9 kPa N₂, 21 kPa O₂, 0,03 kPa CO₂ et des traces de gaz rares) entourant le produit, ou bien le remplacer par un mélange de gaz fixe, afin de fournir une atmosphère optimale permettant le prolongement de la durée de stockage. Normalement, pendant le stockage, l'O₂ est consommé et le CO₂ est généré suite à la respiration des fruits. Pour cette raison, une diminution de la quantité d'O₂ en dessous et une augmentation de la quantité de CO₂ au-dessus des concentrations atmosphériques ralentissent les processus de maturation qui se poursuivent en post-récolte, inhibent les réactions enzymatiques indésirables et la prolifération microbienne, limitent la cristallisation des sucres et minimisent la perte de poids pendant le stockage des dattes (Mortazavi *et al.*, 2006 ; Aleid *et al.*, 2012 ; Jemni *et al.*, 2016). De plus, certaines études ont montré l'efficacité du remplacement de l'oxygène, entourant les dattes dans leur emballage, par l'azote et le dioxyde de carbone en empêchant ainsi l'oxydation (Aleid *et al.*, 2012 ; Aleid et Saikhan, 2017 ; Sarhadi et Sadeghizadeh-

Yazdi, 2019). L'azote, grâce à sa lente solubilité dans l'eau, maintient le volume interne et évite l'affaissement de l'emballage.

Actuellement, la tendance se dirige vers les nano-emballages qui consistent à utiliser des matériaux nanotechnologiques pour la conception d'emballages innovants, actifs et intelligents qui peuvent surmonter les défis d'emballages traditionnels utilisés (respiration, transpiration, évaporation de l'eau, perte de poids, dommages mécaniques, contaminations, problème de dégradabilité de l'emballage...), avec la satisfaction des consommateurs et des industriels. L'introduction de la nanotechnologie dans l'emballage alimentaire vise à améliorer les principales fonctions de l'emballage conventionnel, à savoir la contenance, le transport, la commodité, la protection, la conservation, le marketing et la communication. En effet, les matériaux nanostructurés constituent une barrière à l'invasion microbienne, évitent les fuites et les ruptures, assurant ainsi la sécurité des aliments, leur stabilité thermique et mécanique et la prolongation de leur durée de vie. De plus, des nanocapteurs alertent et avertissent les consommateurs, en temps réel, sur la sécurité et de l'état nutritionnel précis des aliments nano-emballés. Cependant, étant une branche jeune, des lacunes dans les connaissances existent, laissant de nombreuses questions à la communauté scientifique, principalement concernant sa toxicité et son écotoxicité, ce qui limite l'utilisation de ce type d'emballage dans le secteur alimentaire, entre autres, le secteur dattier (Sharma et al., 2017 ; Qadri et al., 2018).

Stockage et expédition

Après récolte, triage, nettoyage, traitement et emballage, les dattes sont soit vendues directement, soit stockées pour une vente ultérieure pendant les périodes de forte consommation. Le stockage des dattes est pratiqué par des entrepôts frigorifiques disposant de moyens nécessaires à sa réalisation et dont les locaux sont conformes aux impératifs de stockage alimentaire. Il doit être effectué dans des conditions spécifiques de température et d'humidité relative afin que les dattes puissent garder l'intégralité de leur qualité. De plus, il est préférable de choisir un endroit frais et sec pour éviter la prolifération fongique. Les bonnes pratiques d'hygiène doivent être respectées tout au long de la chaîne (de la réception jusqu'à l'expédition) afin de garantir la qualité et la sécurité des dattes (Harrak et Boujnah, 2012).

Le mode de stockage dépend de la valeur commerciale des dattes, de la durée de conservation envisagée et de la destination du produit. Souvent, les dattes à haute valeur marchande sont conservées dans des chambres froides à des températures de 0 à +4 °C et exceptionnellement à des températures du froid négatif. Les dattes sèches sont souvent stockées dans des hangars à l'air libre (CRSTRA, 2016).

En effet, les conditions de stockage frigorifique influent significativement la qualité des dattes. Plusieurs chercheurs dans d'autres pays phœnicicoles se sont intéressés à l'étude de l'impact des conditions de stockage à froid (température, humidité relative, durée, emballage...) sur les attributs de qualité de certaines variétés de dattes (*Barhi*, *Deglet Nour*, *Khalas*, *Sukkary*...), cueillies aux différents stades de maturité (*Khalal*, *Rutab* et *Tamr*), sur les attributs de la qualité (Al-Yahyai et Al-Kharusi 2012 ; Aleid et al., 2014a ; Alhamdan et al., 2018 ; Cherif et al., 2020). Par exemple, les barèmes de stockage frigorifique pour des temps déterminés de la variété tunisienne *Deglet-Nour* sont validés depuis très longtemps. Cette variété se conserve pendant 1, 3 et 8 mois lorsque la température appliquée est de 27, 16 et 4 °C, respectivement. Elle peut se conserver jusqu'à une année ou plus, si on applique des températures négatives de l'ordre de -2 ou -18 °C, respectivement (Rygg, 1956).

Cependant, au meilleur de notre connaissance, il existe deux travaux publiés au Maroc dans ce sens et menés à l'INRA. Le premier effectué par Noutfia *et al.* (2018) sur l'état des lieux de 5 entrepôts frigorifiques de dattes sis au sud-est marocain. Ces auteurs ont étudié l'effet de la réfrigération (température de 0 à 4°C) pratiquée dans ces entrepôts sur la qualité des variétés de dattes marocaines durant le stockage. Ils ont révélé l'apparition de plusieurs défauts, particulièrement les tâches glucosées, le détachement de l'épiderme et la déshydratation spontanée. Le deuxième travail a été effectué par Noutfia *et al.* (2019) sur le comportement des deux variétés marocaines *Mjhouli* et *Boufeggous* face aux conditions de froid fixes (température comprise entre +2 et +4°C et humidité relative comprise entre 66,0 et 68,5%), usuellement adoptées dans les GIEs des palmeraies marocaines, durant 5 mois. Les résultats ont montré que les deux variétés ne se sont pas comportées de manière similaire mettant en question les conditions de stockage à froid pratiquées actuellement dans les différents GIEs (toutes les variétés sont confondues). Pour cette raison, des recherches supplémentaires doivent être envisagées dans ce sens, afin d'optimiser les conditions de stockage à froid des dattes marocaines. Ceci permettra de définir des barèmes [Température-Humidité relative-Durée maximale de conservation] adaptés à chaque catégorie de dattes (molles, demi-molles et sèches) qui tiennent compte de la spécificité intrinsèque des dattes, pour un stockage réussi et une préservation prolongée de la qualité.

Conclusion

Les dattes font l'objet d'une activité commerciale importante dans les pays phœnicicoles dont le Maroc fait partie. Cependant, la sensibilité des dattes à l'altération et le manque de maîtrise des méthodes de conservation peuvent poser de sérieux problèmes aux agriculteurs et aux acteurs clés de la filière. Les dattes sont sujettes à plusieurs types d'altérations (infestation, prolifération microbienne, dessèchement, détachement de l'épicarpe, inversion du saccharose, cristallisation des sucres, brunissement, ...) qui compromettent leur qualité en post-récolte engendrant des pertes qualitatives et quantitatives considérables. De ce fait, le peaufinage des méthodes de traitements existantes (triage, lavage, séchage, réhumidification, fumigation, réfrigération, ...) et le développement de nouveaux procédés de conservation appropriés contribueront au maintien voire l'amélioration de la qualité des dattes durant le stockage. De plus, le choix d'un emballage adéquat (conventionnel, sous atmosphère modifiée, nano-emballage, ...) et l'entreposage dans des conditions de température et d'humidité relative optimales prolongent la durée de conservation des dattes. Pour ces raisons, des travaux futurs doivent être focalisés sur la mise en place de barèmes spécifiques de stockage frigorifique adaptés à la typicité des différentes variétés de dattes marocaines. Pour ce faire, il sera primordial d'étudier l'évolution des attributs de qualité des dattes stockées sous différentes conditions de température, d'humidité relative et d'emballage. Un état des lieux de tous les entrepôts frigorifiques sis aux palmeraies marocaines est également nécessaire à envisager afin de décrire la conduite et d'identifier les insuffisances et les défaillances du traitement et de stockage des dattes adoptés actuellement au Maroc. Les outputs de telles études permettront de définir les standards de la conservation des variétés de dattes marocaines et de minimiser les pertes enregistrées dans la chaîne de valeur de la filière phœnicicole.

Remerciements

Les auteurs remercient Madame BEN-AMAR Houria, technicienne au centre régional de la recherche agronomique d'Errachidia, pour sa contribution et les responsables des groupements d'intérêt économiques de la province d'Errachidia pour les informations qu'ils nous ont fournies.

Conflits d'intérêt

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

Références bibliographiques

- Abounajmi M. (2004). Mechanization of dates fruit harvesting. In *the American Society of Agricultural Engineers (ASAE) Annual International Meeting*. Ottawa, Canada, 1– 4 August 2004. No. 041028.
- Abu-Shama H. S., Abou-Zaid F. O. F. et El-Sayed E. Z. (2020). Effect of using edible coatings on fruit quality of *Barhi* date cultivar. *Scientia Horticulturae*. 265, 109262.
- Adhikary T., Gill P. S., Jawandha S. K., Bhardwaj R. D. et Anurag R. K. (2021). Browning and quality management of pear fruit by salicylic acid treatment during low temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101(3). p. 853-862.
- Aghdam M. S. et Bodbodak, S. (2013). Physiological and biochemical mechanisms regulating chilling tolerance in fruits and vegetables under postharvest salicylates and jasmonates treatments. *Scientia Horticulturae*. 156. p. 73-85.
- Al Hazzani A. A., Shehata A. I., Rizwana H., Moubayed N. M., Alshatwi A. A., Munshi A. et Elgaaly, G. (2014). Postharvest fruit and fungi associated with date palm (*Phoenix dactylifera* L.) from Saudi Arabia. *African Journal of Microbiology Research*. 8(11). p. 1228-1236.
- Al-Amrani M., Al-Alawi A. et Al-Marhobi I. (2020). Assessment of enzymatic browning and evaluation of antibrowning methods on dates. *International journal of food science*. 838046.
- Al-Bulushi I. M., Bani-Uraba M. S., Guizani N. S., Al-Khusaibi M. K. et Al-Sadi A. M. (2017). Illumina MiSeq sequencing analysis of fungal diversity in stored dates. *BMC microbiology*. 17(1). p. 1-10.
- Aleid S. M. et Saikhan M. S. A. L. (2017). Effect of permeable modified atmosphere packaging on quality and shelf life of fresh *Khenaizy* dates stored at low temperature. *Journal of Food and Nutrition Research*. 5(7). p. 503-509.
- Aleid S. M., Barber A. R., Rettke M., Leo A., Alsenaien W. A. et Sallam A. A. (2012). Utilisation of modified atmosphere packaging to extend the shelf life of *Khalas* fresh dates. *International journal of food science and technology*. 47(7). p. 1518-1525.
- Aleid S. M., Elansari A. M., Zhen-Xing T. et Sallam A. A. (2014a). Effect of cold storage and packing type on *Khalas* and *Sukkary* dates quality. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 6(5). p. 603-608.
- Aleid S. M., Hassan B. H., Almaiman S. A., Al-Kahtani S. H. et Ismail S. M. (2014b). Microbial loads and physicochemical characteristics of fruits from four Saudi date palm tree cultivars: conformity with applicable date standards. *Food and Nutrition Sciences*. 5(4). p. 316-327.
- Alhamdan A., Hassan B., Alkahtani H., Abdelkarim D. et Younis M. (2018). Freezing of fresh *Barhi* dates for quality preservation during frozen storage. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 25(8). p. 1552-1561.
- Al-Hooti S. U. A. D., Sidhu J. S. et Qabazard H. (1997). Objective color measurement of fresh date fruits and processed date products. *Journal of food quality*. 20(3). p. 257-266.
- Al-Kahtani H. A., Abu-Tarboush H. M., Al-Dryhim Y. N., Ahmed M. A., Bajaber A. S., Adam E. S. E. et El-Mojaddidi M. A. (1998). Irradiation of dates: insect disinfestation, microbial and chemical assessments, and use of thermoluminescence technique. *Radiation Physics and Chemistry*. 53(2). p. 181-187.

- Al-Mssallem I. S., Hu S., Zhang X., Lin Q., Liu W., Tan J., Yu X., Liu J., Pan L., Zhang T., Yin Y., Xin C., Wu H., Zhang G., Abdullah M. M. B., Huang D., Fang Y., Alnakhli Y. O., Jia S., Yin A., Alhuzimi E. M., Alsaihati A., Al-Owayyed S. A., Zhao D., Zhang S., Al-Otaibi N. A., Sun G., Majrashi M. A., Li F., Tala, Wang J., Yun Q., Alnassar N. A., Wang L., Yang M., Al-Jelaify R. F., Liu K., Gao S., Chen K., Alkhaldi S. R., Liu G., Zhang M., Guo H. et Yu J. (2013). Genome sequence of the date palm *Phoenix dactylifera* L. *Nature Communications*. 4(1). p. 1-9.
- Al-Mutarrafi M., Elsharawy N. T., Al-Ayafi A., Almatrafi A. et Abdelkader H. (2019). Molecular identification of some fungi associated with soft dates (*Phoenix dactylifera* L.) in Saudi Arabia. *Advancement in Medicinal Plant Research*. 7. p. 97-106.
- Al-Sheikh H. (2009). Date-palm fruit spoilage and seed-borne fungi of Saudi Arabia. *Research Journal of Microbiology*. 4(5). p. 208-213.
- Altaheri H., Alsulaiman M., Muhammad G., Amin S. U., Bencherif M. et Mekhtiche M. (2019). Date fruit dataset for intelligent harvesting. *Data in brief*. 26. 104514.
- Al-Yahyai R. et Al-Kharusi L. (2012). Physical and chemical quality attributes of freeze-stored dates. *International Journal of Agriculture and Biology*. 14(1). p. 97-100.
- Aribi M. M., Khali M. et Boutekrabt L. (2021). Individual and Combined Effects of Postharvest Heat Disinfestation Treatments Associated with a Modified Atmosphere Packaging (MAP) on the Quality of Algerian Dates Fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Preprints*.
- Ashraf Z. et Hamidi-Esfahani Z. (2011). Date and Date Processing: A Review. *Food Reviews International*. 27(2). p. 101–133.
- Awad M. A., Al-Qurashi A. D. et Mohamed S. A. (2011). Biochemical Changes in Fruit of an Early and a Late Date Palm Cultivar During Development and Ripening. *International Journal of Fruit Science*. 11(2). p. 67–183.
- Benkeblia N. (2011). Storage technologies for date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.): current and potential techniques. *International Symposium on Date Palm*. 994. p.151-154.
- Benmeziane-Derradji F. (2019). Nutritional value, phytochemical composition, and biological activities of Middle Eastern and North African date fruit: an overview. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*. 4(1). p. 1-11.
- Berahmani A., Zeddouk M., Hemmi M. H., Abdelaoui A., Ouhajou L. et Ouzidane M. (2016). Les Groupements d'Intérêt Économique phœnicicoles du Tafilalet : des capacités collectives contrastées. *Alternatives Rurales*. (4). p. 18-31.
- Bessi H., Bellagha S., Grissa-Lebdi K., Bikoba V. et Mitcham E. J. (2015). Ethyl formate fumigation of dry and semidry date fruits: experimental kinetics, modeling, and lethal effect on carob moth. *Journal of Economic Entomology*. 108. p. 993–999.
- Bessi H., Debbabi H., Grissa K. et Bellagha S. (2014). Microbial Reduction and Quality of Stored Date Fruits Treated by Electrolyzed Water. *Journal of Food Quality*. 37(1). p. 42–49.
- Bhatt K. et Jampala S. S. M. (2020). Influence of pre-harvest foliar spray of fungal culture filtrates on post-harvest biology of date fruit harvested at *Khalal* stage. *Postharvest Biology and Technology*. 166. 111220.
- Bokhary H. A. (2010). Seed-borne fungi of date-palm, *Phoenix dactylifera* L. from Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 17(4). p. 327-329.
- Bouhlali E. D. T., Derouich M., Meziani R., Bourkhis B., Filali-zegzouti Y. et Alem C. (2020). Nutritional, mineral and organic acid composition of syrups produced from six Moroccan date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*. 103591.

- Bouka H., Chemseddine M., Abbassi M. et Brun J. (2001). La pyrale des dattes dans la région de Tafilalet au Sud-Est du Maroc. *Fruits*. 56(3). p. 189–196.
- Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions arides (CRSTRA) (2016). *Guide de bonnes pratiques, orientations pour une meilleure conservation des dattes: choix de l'emballage et de la température de stockage*. CRSTRA Edition. 136 pages.
- Chaira N., Smaali I., Besbes S., Mrabet A., Lachiheb B. et Ferchichi A. (2011). Production of fructose rich syrups using invertase from date palm fruits. *Journal of Food Biochemistry*. 35(6). p. 1576-1582.
- Cherif S., Le Bourvellec C., Bureau S. et Benabda J. (2020). Effect of storage conditions on 'Deglet Nour' date palm fruit organoleptic and nutritional quality. *LWT-Food Science and Technology*. 137. 110343.
- Dehghan-Shoar Z., Hamidi-Esfahani Z. et Abbasi S. (2010). Effect of temperature and modified atmosphere on quality preservation of Sayer date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of food processing and preservation*. 34(2). p. 323-334.
- Dhouibi M. H., Lagha A., Bensalem A. et Hammami Y. (2015). Palm dates fumigation in Tunisia: Efficiency of phosphine and CO₂ mixtures, at different temperatures, as an alternative to methyl bromide. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 6. p. 1697-1702.
- Diboun I., Mathew S., Al-Rayyashi M., Elrayess M., Torres M., Halama A., Méret M., Mohny R. P., Karoly E. D., Malek J. et Suhre, K. (2015). Metabolomics of dates (*Phoenix dactylifera*) reveals a highly dynamic ripening process accounting for major variation in fruit composition. *BMC plant biology*. 15(1). p. 1-22.
- El Hadrami A. et Al-Khayri J. M. (2012). Socioeconomic and traditional importance of date palm. *Emirates Journal of food and Agriculture*. 24(5). p. 371-385.
- El-Beltagi H. S., Aly A. A. et El-Desouky W. (2019). Effect of Gamma irradiation on some biochemical properties, antioxidant and antimicrobial activities of *Sakouti* and *Bondoky* dry dates fruits genotypes. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. 12(1). p. 437-446.
- El-Habbab M. S., Al-Mulhim F., Aleid S., Abo El-Saad M., Aljassas F., Sallam A. et Ghazzawy H. (2017). Assessment of post-harvest loss and waste for date palms in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*. 3(6). p. 1-11.
- Ertekin Ö. et İpek Y. (2020). Modeling of Drying Processes of Dates (*Phoenix, Arecaceae*) with Oven or TGA and Microbiological Properties of Fresh and Dried Dates. *International Journal of Fruit Science*. 20(3). p. 1530-1538.
- Falade K. O. et Abbo E. S. (2007). Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*. 79(2). p. 724-730.
- Frank D., Gould I. A. N. et Millikan M. (2004). Browning reactions during storage of low-moisture Australian sultanas: Evidence for arginine-mediated Maillard reactions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 10(2). p. 151-163.
- Ghnimi S., Umer S., Karim A. et Kamal-Eldin A. (2017). Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *NFS journal*. 6. p. 1-10.
- Gorris L. G. M. et Peppelenbos H. W. (1992). Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *Hort Technology*. 2(3). p. 303-309.
- Haddouch R. (1999). Note bibliographique sur la culture du palmier dattier au Maroc. Rapport interne. ORMVA de Ouarzazate Edition. 41 pages.

- Hamad S. H. (2008). Microbial spoilage of date *Rutab* collected from the markets of Al-Hofuf City in the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of food protection*. 71(7). p. 1406-1411.
- Hamad S. H. (2012). The microbial quality of processed date fruits collected from a factory in Al-Hofuf City, Kingdom of Saudi Arabia. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 24(2). p. 105-112.
- Haouel S., Mediouni-Ben Jemâa J. et Khouja M. L. (2010). Postharvest control of the date moth *Ectomyelois ceratoniae* using *Eucalyptus* essential oil fumigation. *Tunisian Journal of Plant Protection*. 5(2). p. 201-212.
- Harrak H. (2019). Manuel pratique - Valorisation technologique des dattes : qualité, hygiène et procédés. INRA Edition. Rabat. 124 pages.
- Harrak H., 2021. Qualité et pratiques technologiques des dattes Najda. In *Fiche technique : Conduite pratique de la variété de palmier dattier Najda*. INRA Edition. Rabat. p. 30-37.
- Harrak H., Boujnah M. et Hamouda A. (2003). Caractérisations physiques et morphologiques des principales variétés de dattes marocaines. *Al Awamia*. 107. p. 59-76.
- Harrak H., Hamouda A. et Nadi M. (2018). Évaluation et amélioration de la qualité des pâtes traditionnelles de dattes, produits du terroir des oasis. *Cahiers Agricultures*. 27(1). 15001.
- Harrak H., Reynes M., Lebrun M., Hamouda A. et Brat P. (2005). Identification et comparaison des composés volatils des fruits de huit variétés de dattes marocaines. *Fruits*. 60(4). p. 267–278.
- Harrak, H. et Boujnah, M. (2012). Valorisation technologique des dattes au Maroc. INRA Edition. Rabat. 157 pages.
- Hasnaoui A., ElHoumaizi M. A., Asehrou A., Sindic M., Deroanne C. et Hakkou A. (2010). Chemical composition and microbial quality of dates grown in Figuig oasis of Morocco. *International journal of agriculture and biology*. 12(2). p. 311-314.
- Hazbavi I., Khoshtaghaza M. H., Mostaan A. et Banakar A. (2015). Effect of postharvest hot-water and heat treatment on quality of date palm (cv. *Stamara*). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 14(2). p. 153-159.
- Hussain M. I., Farooq M. et Syed Q. A. (2020). Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) - A review. *Food Bioscience*. 34. 100509.
- Ibrahim S. A., Ayad A. A., Williams L. L., Ayivi R. D., Gyawali R., Krastanov A. et Aljaloud S. O. (2021). Date fruit: A review of the chemical and nutritional compounds, functional effects and food application in nutrition bars for athletes. *International Journal of Food Science and Technology*. 56(4). p. 1503-1513.
- Idder M. A., Idder-Ighili H., Saggou H. et Pintureau B. (2009). Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* sur différentes variétés du palmier dattier *Phoenix dactylifera* (L.). *Cahiers Agricultures*. 18(1). p. 63–71.
- Idowu A. T., Igiehon O. O., Adekoya A. E. et Idowu S. (2020). Dates palm fruits: A review of their nutritional components, bioactivities and functional food applications. *AIMS Agriculture and Food*. 5(4). p. 734-755.
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (2011). *Atlas du Palmier Dattier au Maroc*. INRA Edition. Rabat. 197 pages.
- Iqtedar M., Sarfraz B., Abdullah R., Kaleem A. et Naz S. (2015). Effect of gamma-irradiation doses on the sensory and microbial quality of dates (*Phoenix dactylifera*). *Biologia*. 61 (2). p. 227-233.
- Jahiel M. (1998). Role du palmier dattier dans la sécurisation foncière et alimentaire au Sud-est du Niger. *Sécheresse*. 9(2). p. 167–174.

- Jemni M., Chniti S., Harbaoui K., Ferchichi A. et Artés F. (2016). Partial vacuum and active modified atmosphere packaging for keeping overall quality of dates. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*. 29(1). p. 1656-1665.
- Jemni M., Gómez P. A., Souza M., Chaira N., Ferchichi A., Otón M. et Artés F. (2014). Combined effect of UV-C, ozone and electrolyzed water for keeping overall quality of date palm. *LWT-Food Science and Technology*. 59(2). p. 649-655.
- Khali M. (2008). Effets de traitements simples et combinés sur la biologie et la biochimie de la datte en cours de conservation. Thèse de doctorat (Institut National Agronomique, Alger). 174 pages.
- Khalid S., Khalid N., Khan R. S., Ahmed H. et Ahmad A. (2017). A review on chemistry and pharmacology of Ajwa date fruit and pit. *Trends in food science & technology*, 63, 60-69.
- Khalil H. A. (2016). Effect of ozone application on postharvest quality and microbiological state of "Zaghloul" date palm fruits. *Journal of Plant Production*, 7(1), 43-51.
- Lallouche A., Kolodyaznaya V., Boulkrane M. S. et Baranenko, D. (2017). Low Temperature Refrigeration as an Alternative Anti-Pest Treatment of Dates. *Environmental and Climate Technologies*, 20(1), 24-35.
- Lobo M. G., Yahia E. M. et Kader A. A. (2014). Biology and postharvest physiology of date fruit. In *Dates: postharvest science, processing technology and health benefits*. Wiley-Blackwell Edition. p. 57-80.
- Macheix J. J., Fleuriet A. et Billot J. (1990). Fruit phenolics. *CRC Press Edition*, 390 pages.
- Mahdi K. H., Hussain H. S. et Saad M. T. (2017). The Optimal Irradiation of Iraqi Dates Fruit by Gamma Radiation for Disinfestation Purposes. *Advances in Physics Theories and Applications*. 61. p. 50-56.
- Martins S. I. F. S, Jongen W. M. F et van Boekel, M. A. J. S (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in food science and technology*. 11 (9–10). p. 364–373.
- Masmoudi M., Besbes S., Blecker C. et Attia H. (2010). Preparation and characterization of jellies with reduced sugar content from date (*Phoenix dactylifera* L.) and lemon (*Citrus limon* L.) by-products. *Fruits*. 65(1). p. 21-29.
- Mehyar G. F., El Assi N. M., Alsmairat N. G. et Holley R. A. (2014). Effect of edible coatings on fruit maturity and fungal growth on Berhi dates. *International Journal of Food Science and Technology*. 49(11). p. 2409-2417.
- Mezroua E, Y., Agli A., Flamini G., Boudalia S. et Oulamara H. (2017). Aroma characterization of ripe date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) from Algeria. *African Journal of Biotechnology*. 16(42). p. 2054–2061.
- Mohammadzai I. U., Shah Z., Ihsanullah I., Khan H., Khan H. et Rashid H. (2010). Effect of gamma irradiation, packaging and storage on the nutrients and shelf life of palm dates. *Journal of Food Processing and Preservation*. 34. p. 622-638.
- Moradinezhad F. et Dorostkar M. (2021). Effect of Vacuum and Modified Atmosphere Packaging on the Quality Attributes and Sensory Evaluation of Fresh Jujube Fruit. *International Journal of Fruit Science*. 21(1). p. 82-94.
- Mortazavi S. M. H., Arzani K. et Barzegar M. (2006). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the postharvest quality and shelf life of date fruits in *Khalal* stage. *Acta Horticulturae*. 736. p. 471-477.
- Mostafa H. S., Ali M. R. et Mohamed R. M. (2020). Production of a novel probiotic date juice with anti-proliferative activity against Hep-2 cancer cells. *Food Science and Technology*. 41. p. 105-115.

- Noutfia Y., Alem C. et Filali Zegzouti Y. (2019). Assessment of physico-chemical and sensory properties of two date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars under commercial cold storage conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*. p. 1-7.
- Noutfia Y., Harrak H., Alem C. et Zegzouti Y. F. (2018). Conservation par réfrigération de la datte Marocaine : État des lieux et évaluation des critères physiques et sensoriels de la qualité. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. 6 (4). p. 483-488.
- Qadri O. S., Younis K., Srivastava G. et Srivastava A. K. (2018). Nanotechnology in packaging of fresh fruits and vegetables. *In Emerging postharvest treatment of fruits and vegetables*. Apple Academic Press Edition. p. 147-166.
- Rahemi M., Roustai F. et Sedaghat S. (2020). Use of Edible Coatings to Preserve Date Fruits (*Phoenix Dactylifera* L.). *Journal of Packaging Technology and Research*. 4(1). p. 79-84.
- Rygg G. L. (1956). The relation of moisture content to rate of darkening in *Deglet Nour* dates. *In Date Growers Institute*. 34. p. 476-785.
- Salem H. (1995). Migration des sucres dans la datte Kenta de Gabès en Tunisie. *Fruits*. 50(4). p. 293-297.
- Sarhadi H. et Sadeghizadeh-Yazdi J. (2019). The Effect of Modified Atmosphere Packaging on Physicochemical, Microbial, and Sensorial Properties of Iranian *Mazafati* Date. *Journal of food quality and hazards control*. 6. p. 73-78.
- Sarraf M., Jemni M., Kahramanoğlu I., Artés F., Shahkoomahally S., Namsi A., Ihtisham M., Brestic M., Mohammadi M. et Rastogi, A. (2021). Commercial techniques for preserving date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit quality and safety: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28(8). 4408.
- Sedra M. H. (2003). Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc: techniques phoénicoles et création d'oasis. INRA Edition. Rabat. 265 pages.
- Serrano M., Pretel M. T., Botella M. A. et Amoros A. (2001). Physicochemical changes during date ripening related to ethylene production. *Food science and technology international*. 7(1). p. 31-36.
- Sharma C., Dhiman R., Rokana N. et Panwar H. (2017). Nanotechnology: an untapped resource for food packaging. *Frontiers in microbiology*. 8. 1735.
- Shenasi M., Aidoo K. E. et Candlish A. A. (2002b). Microflora of date fruits and production of aflatoxins at various stages of maturation. *International Journal of Food Microbiology*. 79(1-2). p. 113-119.
- Shenasi M., Candlish A. A. G. et Aidoo K. E. (2002a). The production of aflatoxins in fresh date fruits and under simulated storage conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(8). p. 848-853.
- Siddiq M. et Greiby I. (2014). Overview of date fruit production, postharvest handling, processing, and nutrition. *In Dates: postharvest science, processing technology and health benefits*. Wiley-Blackwell Edition. p. 1-28.
- Singh B., Suri K., Shevkani K., Kaur A., Kaur A. et Singh, N. (2018). Enzymatic browning of fruit and vegetables: A review. *Enzymes in food technology*. p. 63-78.
- Taouda H., Aarab L., Chabir R., Miyah Y., Azdad O., Mejrhit N. et Errachidi F. (2018). Effect of Packaging Conditions on Microbiological and Physicochemical Quality of Moroccan Date Fruit. *Der Pharma Chemica*. 10(2). p. 42-46.
- Vashishtha B. B. (2003). Date palm culture in India. *In The Date Palm: From Traditional Resource to Green Wealth (The Emirates Center for Strategic Studies and Research)*. First Edition. Abu Dhabi. p. 227–240.

Yahia E. M., Lobo M. G. et Kader A. A. (2013). Harvesting and Postharvest Technology of Dates. In *Dates: postharvest science, processing technology and health benefits*. Wiley-Blackwel Edition. p. 105-135.

Yektankhodaie M., Bagheri A., Mohamadpour I. et Karami, Y. A. (2006). Artificial ripening of *khuneizi* date using physical and chemical methods. *Acta Horticulturae*. (736). p. 87–93.