



## Composés bioactifs

### Composition biochimique et teneurs en composés phénoliques du vinaigre extrait de quelques variétés de dattes du Sud Algérien

Biochemical composition and phenolic compound contents of vinegar extracted from some varieties of Southern Algeria dates

*Sherazede BOUDERBALA., Melissa BENBELKACEM., Mansourou SAMBA GARBA.*

Laboratoire de Nutrition Clinique et Métabolique, Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Oran1 Ahmed Ben Bella, Oran 31100, Algérie

Corresponding author: bsherazede@yahoo.fr

Reçu le 05 décembre 2023, Révisé le 25 décembre 2023, Accepté le 31 décembre

**Résumé Introduction.** Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires parmi lesquels le vinaigre. **Objectifs.** Etudier la composition biochimiques et les teneurs en composés phénoliques du vinaigre extrait de quelques variétés de dattes du sud Algérien. **Matériel et Méthodes.** Huit variétés de dattes (Deglet blanc, Feggous, Tamajouart, Khaswane, Ajoua, Aadma, Parra, Hmira) ont été récoltées au mois d'octobre 2020 du sud Algérien et achetées dans la ville d'Oran. Le vinaigre obtenu à partir de ces dattes est comparé à celui de pomme (cidre) et du commerce. **Résultats.** Le pH des vinaigres se situe entre 3,21 et 3,53 et est supérieur à celui du vinaigre de pomme (2,26) et celui du commerce (2,51). La teneur en cendres est significativement plus élevée dans toutes les variétés, excepté pour celle de Hmira qui est faible ( $P < 0,05$ ). La valeur la plus élevée en matière sèche est notée dans Aadma, Tamjouart et Feggous et la plus faible et observée dans Khaswane. Les teneurs en lipides et en sucres sont augmentées dans Feggous et Parra et dans Deglet blanc, Tamjouart, Ajoua, Hmira et Aadma. Une augmentation significative des teneurs en polyphénols dans Tamajouart, Parra et Aadma ( $P < 0,05$ ) et celles en flavonoïdes dans Deglet blanc et Parra et une diminution dans Aadma sont notées. La valeur en tanins la plus élevée est retrouvée dans Tamjouart et Ajoua et la plus faible est observée dans Parra. Les anthocyanes sont significativement augmentés dans Ajoua, Hmira et Adma. **Conclusion.** Les différents vinaigres de dattes étudiés présentent un pH acide, ils sont riches en sucres, en sels minéraux et en cendres, avec une teneur en lipides faible due à leur faible concentration dans les dattes. Par ailleurs, ils sont riches en composés phénoliques, en particulier en polyphénols et en flavonoïdes, ce qui laisse suggérer qu'ils peuvent être considérés comme une source précieuse d'antioxydants.

**Mots clés :** *Vinaigres de dattes, Vinaigre de pomme, Vinaigre de commerce, Composés biochimiques, Composés phénoliques*

**Abstract Introduction.** Dates can be used to make many food products, including vinegar. **Objective.** To study the biochemical composition and the contents of phenolic compounds in vinegar extracted from some dates varieties of southern Algeria. **Material and Methods.** Eight varieties of dates (Deglet blanc, Feggous, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma, Parra, Hmira) were collected in October 2020, and purchased from Oran city. Vinegar obtained from these dates was compared to those of apple (cider) and commercial. **Results.** pH of vinegars was between 3.21 and 3.53, and was higher than that of apple (2.26), and commercial vinegars (2.51). Ash content was significantly increased in all varieties, excepted in Hmira which was low ( $P < 0.05$ ). The highest dry matter value was noted in Aadma, Tamjouart and Feggous, and the lowest observed in Khaswane. Lipids and sugars contents were higher in Feggous, Parra, Deglet blanc, Tamjouart, Ajoua, Hmira and Aadma. Polyphenols content was significantly higher in Tamajouart, Parra and Aadma ( $P < 0.05$ ). Flavonoid amount increased in Deglet blanc and Parra and decreased in Aadma. The highest tannin value was noted in Tamjouart and Ajoua, and the lowest was observed in Parra. Anthocyanins were significantly increased in Ajoua, Hmira and Adma. **Conclusion.** The different date vinegars present an acidic pH, and are rich in sugars, mineral salts and ash, with low lipid content due to their low concentration in dates. Moreover, date vinegars are rich in phenolic compounds, particularly polyphenols and flavonoids, suggesting that they can be considered as a valuable source of antioxidants.

**Key words:** *Date vinegars, Apple vinegar, Commercial vinegar, Biochemical compounds, Phenolic compounds*

## Introduction

Le palmier dattier *Phoenix dactylifera* L., autrement connu sous le nom de palmier dattier ou dattier [1], est l'une des plus anciennes plantes cultivées dans le monde [2]. Il a été cultivé au Moyen-Orient et en Afrique du Nord depuis plus de 5 000 ans [3]. En Algérie, la palmeraie est essentiellement localisée dans les zones du sud-est. Elle couvre une superficie de 128.800 ha à environ 14.605.030 palmiers dont 9.641.680 constituent le potentiel productif, soit 66 % [4]. Le fruit du palmier dattier est une drupe présentant une grande diversité de texture, de forme, de couleur et de composition chimique en fonction du génotype, de l'environnement, de la saison et des pratiques culturelles. Bien que le fruit du palmier dattier soit servi comme un aliment de base à des millions de personnes dans le monde pendant plusieurs siècles [5], la production et l'utilisation des dattes varient d'un pays à l'autre en raison de l'influence des conditions environnementales actuelles. En effet, certains d'éléments entravent la production de palmier dattier, tels que les

principaux ravageurs, les maladies, la salinité, la sécheresse et les mauvaises pratiques de récolte et post-récolte [6].

Les dattes sont riches en composés bioactifs et fonctionnels, tels que les phénols, les flavonols, les caroténoïdes, les minéraux et les vitamines qui, non seulement, fournissent une quantité appréciable d'énergie nécessaire au corps humain, mais qui agissent également comme agent thérapeutique efficace contre plusieurs maladies [7]. Les composés phénoliques constituent le groupe de métabolites le plus répandu du règne végétal. Ils font partie intégrante de l'alimentation humaine et animale [8] et participent à leur défense et à leur pigmentation [9].

Le vinaigre est connu par la plupart des anciennes civilisations. Il est utilisé comme condiment, comme agent de conservation ou, dilué dans de l'eau, comme boisson. De tout temps, les populations Sahariennes ont eu à fabriquer localement leur propre vinaigre. Cette production est une tradition ancestrale qui utilise un matériel artisanal et confère au vinaigre élaboré des avantages que l'on ne retrouve pas dans le vinaigre industriel [10].

Il existe sur le marché divers types de vinaigres dont le vinaigre de cidre, le vinaigre de fruits, de céréales,... et qui sont bénéfiques pour la santé humaine. L'Algérie est un pays producteur de dattes. Cependant, peu de travaux ont étudié le vinaigre de dattes, mais aucune ne s'est intéressée au vinaigre de variétés de dattes qui ne sont pas connues par la population Algérienne.

Dans ce cadre, l'objectif de cette étude est de mettre en valeur certaines variétés de dattes mal ou non connues et peu valorisées et cela par l'extraction du vinaigre puis par l'étude de sa composition biochimique et de sa teneur en composés phénoliques.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de 8 variétés de dattes (**Fig. 1**) récoltées au mois d'octobre 2020 du Sud Algérien et achetées dans la ville d'Oran.

Afin de conserver leurs qualités initiales, les dattes infestées sont triées avant d'être conditionnées dans des sacs en plastique et d'être entreposées dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'à leur utilisation.



Fig. 1. Les différentes variétés de dattes utilisées

### Préparation du vinaigre de dattes

Après triage et lavage, 50 g de dattes ont été mélangés avec 200 mL d'eau puis mis dans un récipient en verre hermétiquement fermé, et conservé pendant plus de 40 jours à température ambiante. Après cette période, le couvercle est retiré et une filtration sur papier filtre est réalisée pour éliminer les déchets de dattes et obtenir le vinaigre. Le vinaigre (V) obtenu à partir des dattes est comparé à celui de la pomme (cidre) et du commerce.

### Détermination du pH

La détermination du pH s'effectue par une lecture

directe à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné (type Hanna HI2209).

### Analyses biochimiques

#### Détermination de la teneur en eau

Le principe consiste en une dessiccation par évaporation dans une étuve à 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant. Le pourcentage d'humidité est déterminé selon la formule suivante:

$$\frac{[(\text{Poids humide} - \text{Poids sec}) \times 100]}{\text{Poids humide}}$$

#### Dosage des cendres

Le dosage est basé sur l'incinération de la matière sèche de vinaigre dans un four à moufle à 550°C pendant 6 heures. Le pourcentage de sels minéraux est obtenu selon la formule suivante:

$$\frac{[(\text{Poids total} - \text{Poids du gobelet}) \times 100]}{\text{Poids sec des cendres}}$$

#### Détermination des lipides totaux

La teneur en lipides totaux est déterminée selon la technique de Delsal, (1944) [11]. Il s'agit d'une extraction à froid des lipides sur 1g d'échantillon en présence d'un mélange chloroforme/méthanol (4/1, V/V). L'extrait lipidique est débarrassé des solvants par évaporation sous vide à 48°C sous vide partiel à l'aide d'une pompe à vide. La quantité de lipides totaux de l'échantillon est déterminée par différence entre le poids final après séchage du ballon et le poids initial du ballon vide.

#### Détermination des glucides

Le dosage des glucides a été réalisé selon la méthode de Dubois *et al.*, (1956) [12]. Cette méthode utilise le phénol à 80% et l'acide sulfurique concentré comme réactif et une solution mère de glucose (1g/L) comme standard. Une série de dilutions est effectuée sur la solution mère. En présence de ces deux réactifs, les sucres donnent une couleur jaune crème, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des sucres totaux. La densité optique est effectuée à 490nm et la concentration des sucres totaux est déterminée à partir de la courbe-étalon.

#### Dosages des composés phénoliques

##### Dosages des polyphénols

Le dosage des polyphénols se fait par la méthode de Folin-Ciocalteu. En milieu alcalin, les polyphénols réduisent le réactif de Folin-Ciocalteu en oxyde de tungstène et de molybdène de couleur bleue. L'intensité de cette couleur bleue renseigne sur le contenu en polyphénols totaux dans le mélange [13]. Ces derniers présentent un maximum d'absorption à

760 nm dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'échantillon. L'acide gallique est utilisé comme standard à une concentration de 1 mg/mL. La teneur en composés phénoliques est exprimée en mg d'équivalent acide gallique (AG) par g de matière sèche (mg Eq AG/g MS).

#### **Dosages des Flavonoïdes**

La teneur en flavonoïdes totaux est déterminée selon la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>) qui est basée sur la formation d'un complexe très stable entre l'aluminium et les flavonoïdes [13]. La coloration jaune produite est proportionnelle à la teneur en flavonoïdes et possède une absorption maximum de 510 nm. La teneur en flavonoïdes est exprimée en mg d'équivalent catéchine (CA) par g de matière sèche (mg Eq CA/g MS).

#### **Dosage des tanins**

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide [14]. Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm. La réactivité de la vanilline avec les tannins n'implique que la première unité du polymère. Les quantités des tannins sont estimées en utilisant la méthode de vanilline décrite par Julkunen-Titto, (1985) [15]. Les teneurs en tannins condensés sont exprimés en mg équivalent de catéchine par g de matière végétale sèche (mgEC/g). Toutes les opérations sont réalisées en triple.

#### **Dosage des anthocyanes**

La teneur en anthocyanes exprimée en µg/g de matière fraîche est déterminée selon la méthode de Murray et Hackett, (1991) [16]. L'extraction de la fraction riche en anthocyanes est effectuée par macération dans un solvant méthanoïque acidulé (HCl<sub>3</sub>M/H<sub>2</sub>O/MeOH), selon les proportions respectives suivantes: 1/3/6, sous agitation continue pendant 24 h. Le mélange est incubé pendant 4 jours à 4°C. L'absorbance de l'extrait est mesurée à 530 nm et à 653 nm. La teneur en anthocyanes est calculée selon la formule suivante:

$$[\text{Anthocyanes}] (\mu\text{g/g MF}) = (D0530) - 0,24 (D0653)$$

#### **Analyse statistique**

Les résultats sont exprimés en moyennes ± erreur standard (M±ES) de 3 tests par dosage. La comparaison entre les moyennes est effectuée par le test 't' de Student. Les moyennes sont considérées comme significativement différentes à  $P < 0,05$ . \*Vinaigre du

commerce ou des dattes vs vinaigre de pomme. #Vinaigre des dattes vs vinaigre du commerce.

## **Résultats**

### **Valeur du pH et composition biochimique des différents vinaigres**

#### **Valeur du pH**

Les valeurs du pH se situent entre 3,21 et 3,53 et sont supérieures à celles du vinaigre de pomme (2,26) et du commerce (2,51) (**Tableau I**).

#### **Teneurs en cendres**

La teneur en cendres est significativement plus élevée dans Deglet blanc, Feggous, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma, comparée aux vinaigres de pomme et de commerce ( $P < 0,05$ ). A l'inverse, cette valeur est plus faible dans Hmira, comparée au vinaigre de pomme. La comparaison entre les dattes montre que la valeur la plus élevée en cendres est notée dans Aadma et Ajoua et la plus faible valeur est observée dans Hmira (**Tableau I**).

#### **Teneurs en matière sèche**

Comparé aux vinaigres de pomme et de commerce, la teneur en matière sèche est augmentée dans Deglet blanc, Feggous, Parra, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Hmira, Aadma ( $P < 0,05$ ). La comparaison entre les dattes montre que les valeurs les plus élevées en matière sèche sont notées dans Aadma, Tamjouart et Feggous et la plus faible valeur est observée dans Khaswane (**Tableau I**).

#### **Teneurs en lipides**

La teneur en matières grasses dans les dattes Feggous et Parra est plus élevée par rapport aux vinaigres de pomme et de commerce ( $P < 0,05$ ). Cette valeur est respectivement, 1,67- et 2,1-fois et 1,6- et 2,04-fois plus faible dans Tamjouart et Ajoua, comparée au vinaigre de pomme et de commerce, alors que la valeur de Aadma est identique à celle du vinaigre de pomme. La comparaison entre les dattes montre que les valeurs les plus élevées en lipides sont celles de Feggous, Parra et Aadma, alors que la valeur la plus faible est observée dans Khaswane (**Tableau I**).

#### **Teneurs en sucres totaux**

Comparée aux vinaigres de pomme et de commerce, la teneur en sucres totaux est plus élevée dans Deglet blanc, Tamjouart, Ajoua, Hmira, Aadma ( $P < 0,05$ ). Contrairement au Parra, cette valeur est 1,6-fois plus faible, comparée au vinaigre de pomme.

Tableau I. Valeur dupH et composition biochimique des différents vinaigres

Vinaigres	pH	Cendres (g/l)	Matière sèche (%)	Lipides (%)	Sucres(%)
Pomme	2,26±0,01	5,69±0,70	2,23±0,11	1,02±0,33	4,03±0,38
Commerce	2,51±0,04	1,10±0,04*	2,08±0,20	0,98±0,09*	0,23±0,09*
V. Deglet blanc	3,48±0,01 <sup>#</sup>	9,00±1,50 <sup>#</sup>	18,24±1,14 <sup>#</sup>	0,82±0,05 <sup>#</sup>	5,14±0,99 <sup>#</sup>
V. Feggous	3,27±0,001 <sup>#</sup>	7,00±1,30 <sup>#</sup>	20,28±1,21 <sup>#</sup>	1,31±0,07 <sup>#</sup>	1,22±0,06 <sup>#</sup>
V. Parra	3,28±0,03 <sup>#</sup>	7,69±1,40 <sup>#</sup>	18,83±0,99 <sup>#</sup>	1,09±0,03 <sup>#</sup>	3,77±0,11 <sup>#</sup>
V. Tamjouart	3,22±0,01 <sup>#</sup>	9,49±2,23 <sup>#</sup>	20,57±0,58 <sup>#</sup>	0,61±0,009 <sup>#</sup>	6,47±0,140 <sup>#</sup>
V. Khaswane	3,53±0,02 <sup>#</sup>	9,10±1,70 <sup>#</sup>	4,97±1,88 <sup>#</sup>	0,74±0,10 <sup>#</sup>	3,87±0,76 <sup>#</sup>
V. Ajoua	3,25±0,01 <sup>#</sup>	12,29±2,76 <sup>#</sup>	19,78±2,57 <sup>#</sup>	0,48±0,15 <sup>#</sup>	9,16±2,40 <sup>#</sup>
V. Hmira	3,21±0,01 <sup>#</sup>	4,30±0,11 <sup>#</sup>	19,55±3,44 <sup>#</sup>	0,76±0,12 <sup>#</sup>	6,94±1,22 <sup>#</sup>
V. Aadma	3,30±0,02 <sup>#</sup>	11,80±0,99 <sup>#</sup>	20,87±2,63 <sup>#</sup>	1,02±0,17 <sup>#</sup>	11,66±3,31 <sup>#</sup>

Les résultats sont exprimés moyennes  $\pm$  erreur standard (M $\pm$ ES) de 3 tests par dosage. La comparaison entre les moyennes est effectuée par le test 't' de Student. Les moyennes sont considérées comme significativement différentes à P<0,05. \*Vinaigre du commerce ou des dattes vs vinaigre de pomme ; <sup>#</sup>Vinaigre des dattes vs vinaigre du commerce.

La teneur en sucre totaux dans le vinaigre de datte Parra et celui de pomme est sensiblement la même. De plus, la valeur la plus élevée en sucres totaux est observée dans Aadma, alors que la valeur la plus faible est retrouvée dans Feggous (Tableau I).

### Teneurs en composés phénoliques

#### Teneurs en polyphénols

Les teneurs en polyphénols dans les vinaigres de dattes Tamajouart, Parra, Aadma sont respectivement, 1,5- et 2,1-fois, 1,4- et 2-fois et 1,2- et 1,7-fois plus élevées, comparées aux vinaigres de pomme et de commerce (P<0,05). De plus, cette valeur est 1,3-plus faible comparé au vinaigre de pomme. La comparaison entre les dattes montre que Feggous, Parra, Tamjouart, Hmira sont les plus riches en polyphénols, alors que Khaswane présente la valeur la plus faible (Fig. 2).

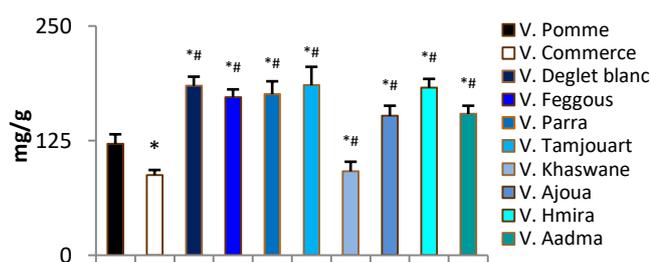


Fig. 2. Teneurs en polyphénols

Les résultats sont exprimés moyennes  $\pm$  erreur standard (M $\pm$ ES) de 3 tests par dosage. La comparaison entre les moyennes est effectuée par le test t de Student. Les moyennes sont considérées comme significativement différentes à P<0,05. \*Vinaigre du commerce ou des dattes vs vinaigre de pomme ; <sup>#</sup>Vinaigre des dattes vs vinaigre du commerce.

#### Teneurs en flavonoïdes

Comparée aux vinaigres de pomme et de commerce, la concentration en flavonoïdes est respectivement, 1,6- et 2,5-fois et 1,9- et 3-fois plus élevée dans les

vinaigres de Deglet blanc et Parra, tandis que celle du vinaigre de Aadma est 1,5-fois plus faible par rapport au vinaigre de pomme. Les valeurs les plus élevées en flavonoïdes dans les différentes dattes sont celles de Deglet blanc et Parra et la plus faible valeur est notée dans Aadma. Les teneurs en flavonoïdes dans Feggous, Tamjouart, Ajoua, Hmirasont sensiblement les mêmes avec une légère variation (Fig. 3).

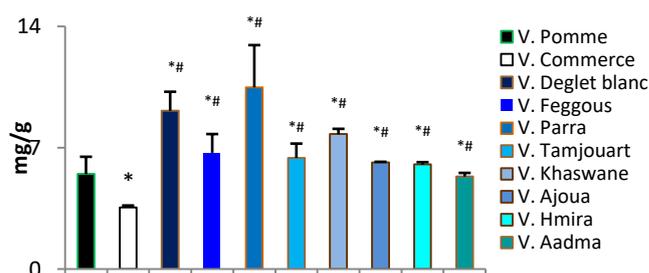


Fig. 3. Teneurs en flavonoïdes

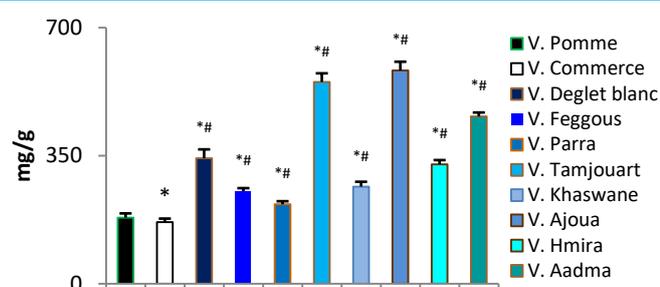
Les résultats sont exprimés en moyennes  $\pm$  erreur standard (M $\pm$ ES) de 3 tests par dosage. La comparaison entre les moyennes est effectuée par le test t de Student. Les moyennes sont considérées comme significativement différentes à P<0,05. \*Vinaigre du commerce ou des dattes vs vinaigre de pomme ; <sup>#</sup>Vinaigre des dattes vs vinaigre du commerce.

#### Teneurs en tanins

Une augmentation des teneurs en tanins est observée dans Deglet blanc, Feggous, Parra, Tamjouart, Ajoua, Hmira, Aadma, comparée aux vinaigres de pomme et de commerce (P<0,05). La valeur en tanins la plus élevée est celles notée dans les vinaigres de dattes Tamjouart et Ajoua et la plus faible est celle observée dans la datte Parra (Fig. 4).

#### Teneurs en anthocyanes

Les teneurs en anthocyanes dans les vinaigres de dattes Ajoua, Hmira et Adma sont respectivement, 2,5- et 9-fois, 2- et 7-fois et 1,5- et 5,5-fois plus élevées, comparées aux vinaigres de pomme et de commerce, alors que les concentrations dans Deglet blanc

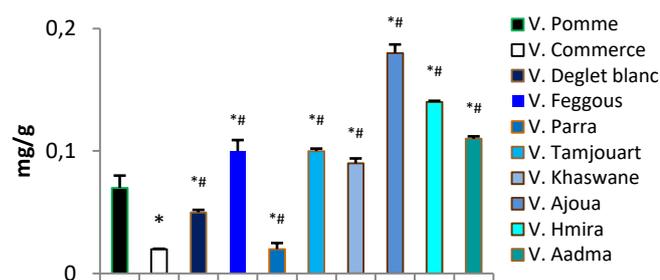


**Fig. 4. Teneurs en tanins**

Les résultats sont exprimés sous forme de moyennes  $\pm$  erreur standard ( $M \pm ES$ ) de 3 tests par dosage. La comparaison entre les moyennes est effectuée par le Test t de Student. Les moyennes sont considérées comme significativement différentes à  $P < 0,05$ .

\* Vinaigre du commerce ou des dattes vs vinaigre de pomme ;  
# Vinaigre des dattes vs vinaigre du commerce.

et Parra sont 1,4- 3,5-fois plus faibles que celle du vinaigre de pomme. Les vinaigres de commerce et des dattes Parra présentent des valeurs similaires. La comparaison entre les différents vinaigres de dattes montre que la valeur la plus élevée en anthocyanes est relevée dans Ajoua et la plus faible est celle de Parra (Fig. 5).



**Fig. 5. Teneurs en anthocyanes**

Les résultats sont exprimés en moyennes  $\pm$  erreur standard ( $M \pm ES$ ) de 3 tests par dosage. La comparaison entre les moyennes est effectuée par le test t de Student. Les moyennes sont considérées comme significativement différentes à  $P < 0,05$ . \* Vinaigre du commerce ou des dattes vs vinaigre de pomme ; # Vinaigre des dattes vs vinaigre du commerce

## Discussion

Dans cette étude, nous avons analysé et comparé la composition biochimique et les teneurs en composés phénoliques du vinaigre extrait de quelques variétés de dattes du sud Algérien.

Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires, dont le vinaigre. La fabrication du vinaigre traditionnel consiste en une double fermentation combinée et spontanée (alcoolique et acétique). Cette bioconversion utilise des levures et des bactéries acétiques présentes naturellement dans la datte. Celles-ci entraînent une production d'éthanol qui est transformé en acide acétique.

C'est un procédé où les deux réactions biotechnologiques se déroulent au même moment, bien que les exigences des organismes unicellulaires mis en jeu diffèrent en matière d'oxygène [17].

Le pH constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération. Un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et des moisissures. Les bactéries, par contre, préfèrent des milieux de pH neutres, compris entre 7 et 7,5, pour la plupart des tolérances à des variations entre 6 et 9. De plus, le pH est un indice de qualité qui contribue à la stabilité des dattes pendant la période de stockage [18]. Dans notre étude, les valeurs du pH des vinaigres des dattes utilisées (Deglet blanc, Feggous, parra, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma et Hmira) ne présentent pas de grandes différences entre les différentes variétés. Par contre, ces valeurs sont supérieures à celles obtenues dans les vinaigres de pomme et du commerce. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Ould EL-Hadj *et al.*, (2001) [17] pour les variétés Hchef de Deglet Nour, Harchaya, Hamraya dont le pH est de 3,12, 3,25 et 3,65, respectivement. Hafzan *et al.*, (2017) [18] ont montré que le pH du vinaigre de dattes maison et le vinaigre commercial de dattes présentent des valeurs de l'ordre de 2,73 et 2,70. Le pH du vinaigre de commerce et celui des dattes Hmira et Tamjouart ne montre aucune différence significative par rapport à celui obtenu par Mbungu *et al.*, (2016) [20] sur le vinaigre de mangue (pH=3,07) et celui noté par Tănavots *et al.*, (2018) [21] sur le vinaigre de cidre (pH=3,1) et le vinaigre de vin blanc (pH=3). Dans une autre étude, les valeurs de pH pour les dattes Ghars, Tantbouchet, Tinissine, Deglet Nour sont de  $6,47 \pm 0,02$ ,  $5,94 \pm 0,04$ ,  $6,69 \pm 0,01$  et  $6,94 \pm 0,02$ , respectivement [22]. Ces résultats sont supérieurs, comparés à ce que nous avons obtenus. Nos résultats rejoignent aussi ceux de Ousaid *et al.*, (2017) [23] sur les vinaigres de trois extraits de pommes: Réd Délicieux, Golden Délicieux et du mélange Réd Délicieux + Golden Délicieux + starkrimson de la région de Midelt au Maroc.

Les cendres représentent la quantité totale en sels minéraux dans un échantillon [22]. La teneur en cendres des vinaigres de dattes Deglet blanc, Feggous, Parra, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma et Hmira varie peu entre les variétés étudiés mais elle est supérieure à celle des vinaigres de pomme et de commerce. Ould El Hadj *et al.*, (2001) [17] ont rapporté des teneurs en cendre de l'ordre 6g/L et 7g/L pour le vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes Hchef de Deglet Nour et Harchaya de la région de Ouargla. Ces résultats sont proches de

nos valeurs en ce qui concerne les vinaigres de Feggous et Parra. Djafri *et al.*, (2020) [22] ont montré que la teneur en cendres des quatre variétés de dattes Ghars, Tantbouchet, Tinissine, Deglet Nour de la région d'Oued-Righ représente respectivement,  $1,73 \pm 0,01$ ,  $3,70 \pm 0,22$ ,  $2,70 \pm 0,22$  et  $2,90 \pm 0,07\%$ . De même, Sayah et Ould El Hadj, (2010) [24] ont trouvé une valeur en cendres de 2,32% pour la variété Déglâ-Beida.

La matière sèche est une substance issue de matière organique qui reste après élimination de toute l'eau qu'elle contient. Selon nos résultats, la teneur en matière sèche des vinaigres de dattes Deglet blanc, Feggous, Parra, Tamjouart, Ajoua, Aadma et Hmira, est augmentée, comparée au vinaigre de datte Khaswane et au vinaigre de pomme et de commerce. Ousaaïd *et al.*, (2017) [23] ont noté une teneur en matière sèche de vinaigre de pomme de variété (Réd Délicieux + Golden Délicieux + starkrimson) de 2,82%, similaire à celle obtenue dans la présente étude sur le vinaigre de cidre et le vinaigre de commerce, et à celle notée par Mbungu *et al.*, (2016) [20] sur le vinaigre de mangue (2,27%). La teneur en matière sèche obtenue dans notre étude sur le vinaigre de dattes est importante mais reste inférieure, comparée à celle rapportée par Kemassi *et al.*, (2020) [25], sur le vinaigre de datte de variété Tefezwin et qui ont noté une valeur en matière sèche de 94,3%. Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Ould EL-Hadj *et al.*, (2001) [17], sur le vinaigre de H'chef de Deglet N, Harchaya, Hamraya dont les valeurs sont respectivement de 10,00, 6,59 et 11,26%, et celle de Bouaziz et Ould El Hadj, (2010) [26], pour le vinaigre de dattes des variétés Tinissine ( $6,33 \pm 0,11\%$ ) et H'Chef Déglét Nour ( $10,79 \pm 0,21\%$ ).

Les différents échantillons de vinaigres étudiés montrent des teneurs en lipides faibles, comparées à celles obtenues par Kemassi *et al.*, (2020) [25] pour le vinaigre traditionnel de datte Tefezwin dont la teneur en matière grasse est de 3,5%. Dans une autre étude, réalisée par Bouaziz et Ould El Hadj, (2010) [26], le vinaigre de dattes de variété Tachriwt et H'Chef Deglet Nour présente des teneurs de l'ordre de 0,1 et 0,24%.

Les sucres sont un type de glucides que l'on trouve naturellement dans les fruits et les légumes. Les sucres confèrent plusieurs caractéristiques fonctionnelles aux aliments, y compris la viscosité et la texture [27]. Ce sont les constituants majeurs de la datte et sont responsables de la douceur de l'aliment. Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la teneur en sucres totaux est similaire à celle obtenue par Hafzan *et al.*, (2017) [19] avec le vinaigre de datte

fait maison ( $14,35 \pm 0,07\%$ ) et le vinaigre de datte commercial ( $8,40 \pm 0,01\%$ ). Auparavant, Bouaziz et Ould El Hadj, (2010) [26] ont rapporté que la teneur en sucres totaux dans les vinaigres de dattes Harchaya et H'Chef Deglet Nour est respectivement de  $1,74 \pm 0,28$  et  $13,17 \pm 4,86\%$ . Djafri *et al.*, (2020) [22] ont rapporté des teneurs en sucres totaux des variétés de dattes Ghars, Tantbouchet, Tinissine et Deglet Nour, respectivement de  $57,73 \pm 0,02$ ,  $90,32 \pm 0,02$ ,  $83,01 \pm 0,01$  et  $34,66 \pm 0,02\%$ . De plus, dans une autre étude réalisée par Harrak *et al.*, (2005) [28] sur 20 variétés de dattes marocaines, les teneurs en sucres totaux varient entre 64,7 et 80,6%. Kemassi *et al.*, (2020) [25] ont rapporté une teneur en sucres totaux du vinaigre de datte de la variété Tefezwin égale à 2,5%. Cette valeur se rapproche de nos résultats, en particulier celle obtenue pour le vinaigre de dattes Parra et Khaswane. Cette variation dans les concentrations peut être attribuée à des différences entre les cultivars, au stade de maturation, au stockage, à la dispersion géographique climat ou au type de sol.

Les polyphénols sont omniprésents fabriqués par les plantes et sont présents soit sous forme d'esters glycosides, soit sous forme d'aglycones libres [29]. Plus de 8000 variantes structurelles existent dans la famille des polyphénols. Ces derniers sont des composés bioactifs présents dans les fruits et les légumes, contribuant à leur couleur, leur saveur et leurs activités pharmacologiques [30]. Les composés phénoliques du vinaigre présentent une activité antioxydante élevée qui est capable de réduire le stress oxydatif dans le corps, de contrôler la pression artérielle et de prévenir les maladies cardiovasculaires [31]. Dans notre étude, les teneurs en polyphénols des vinaigres de dattes Deglet blanc, Feggous, Parra, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma et Hmira ne présentent pas de grandes différences entre les variétés étudiées. Par contre, ces valeurs sont supérieures à celles obtenues dans le vinaigre de pomme et de commerce. Ousaaïd *et al.*, (2017) [23] ont noté une teneur en polyphénols de  $2,02 \pm 0,05$  mg/mL pour le vinaigre de pomme de variété (Réd Délicieux). Dans une autre étude sur le vinaigre de kiwi et le vinaigre de pomme, Li *et al.*, (2013) [32] ont rapporté des teneurs en polyphénols, respectivement de 754,50 et 274,08mg GAE/L. Ces valeurs sont supérieures à celles du vinaigre de pomme et de commerce. Cette différence des teneurs en polyphénols dans les vinaigres est en relation étroite avec la nature de la variété de la pomme, ainsi que le processus biotechnologique adopté pour la production de ce bioproduit [23]. La teneur en polyphénols de nos vinaigres de dattes est élevée

comparée à l'étude réalisée par Mansouri *et al.*, (2005) [33] qui ont montré que cette teneur varie entre 2,49 et 8,36 mg/100g dans les dattes Algériennes. Benmeddour *et al.*, (2013) [34] ont rapporté que les polyphénols des dattes Algériennes de la région de Ghardaïa varient entre 169,18 et 381,76 mg EAG/100g MS où le cultivar Ourrous présente une teneur de 381,76mg EAG/100g MS.

Les flavonoïdes sont les composés phénoliques les plus abondants, avec plus de 8000 composés. Ils sont divisés en six sous-groupes différents: flavonols, flavones, flavonones, flavanols, isoflavonoïdes et anthocyanes. Cette classe de composés est répandue dans plusieurs matrices alimentaires et est fortement étudiée pour leurs diverses bioactivités [27]. De nombreuses études rapportent que les flavonoïdes contenus dans les dattes, possèdent des propriétés anti-inflammatoires et des capacités à moduler le fonctionnement du système immunitaire, par inhibition de l'activité des enzymes qui peuvent être responsables des réponses inflammatoires. Ils peuvent aussi moduler l'adhésion des monocytes durant l'inflammation athérosclérotique, en inhibant l'expression des médiateurs inflammatoires [35].

Dans la présente étude, les teneurs en flavonoïdes des différents vinaigres de dattes (Deglet blanc, Feggous, Parra, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma et Hmira) varient sensiblement, mais sont supérieures à celles obtenues dans le vinaigre de pomme et de commerce. De plus, cette étude montre que la teneur en flavonoïdes de la variété de datte Parra est similaire à celle obtenue par Benmeddour *et al.*, (2013) [34] sur le cultivar Deglet-Nour dont la teneur en flavonoïdes est de 15,22g/mg. L'étude de Sengun *et al.* (2020) [36] a montré une teneur élevée de flavonoïdes dans le vinaigre de mandarine, comparée à nos résultats et en particulier aux vinaigres de pomme et de commerce. Nos résultats rejoignent ceux de Zineb *et al.*, (2012) [37] sur cinq variétés de fruits de palmier dattier (Phoenix dactylifera d'Algérie, Deglet Nour, Degla Baidha, Ghars, Tamjhourt, Tafezauine, qui ont rapporté des teneurs en flavonoïdes variant entre 7,52 et 14,10mg/g. Par contre, Tajini *et al.*, (2020) [38] ont obtenu des teneurs en flavonoïdes de 43,17µg/g pour la variété Tunisienne Deglet Nour et 11,54µg/g pour la variété Saoudienne Majhoul.

Les tanins sont les principaux polymères phénoliques présents dans les tissus végétaux. Ces molécules sont connues pour conférer un goût astringent et amer à certains fruits. Les tanins sont des composés phénoliques complexes qui sont divisés en deux sous-classes: les tanins hydrolysables et les tanins conden-

sés [39]. Les teneurs en tanins indiquent une différence significative entre les variétés de vinaigre de dattes et les vinaigres de pomme et de commerce. Ainsi, la teneur la plus élevée est obtenue avec la variété Ajoua. Benmeddour *et al.*, (2013) [34] ont rapporté une teneur inférieure à celle trouvée dans cette étude, avec la variété de datte Deglet Nour où la valeur estimée est de 184,34mg/100g. De même, El Arem *et al.*, (2013) [40] ont rapporté des teneurs en tanins condensés élevées dans les variétés de dattes Tunisiennes au stade Tamer, avec des taux allant de 0,055 à 0,102 g/100 g de matière fraîche.

Les anthocyanes sont utilisés comme colorants naturels, notamment par l'industrie alimentaire [41]. Dans la présente étude, les teneurs en anthocyanes des différents vinaigres varient sensiblement. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Al-Farsi *et al.*, (2005) [42], sur des dattes fraîches et séchées au soleil de trois variétés indigènes d'Oman (Fard, Khasab et Khalas et ont rapporté des teneurs en anthocyanes variant de 0,24 à 1,52 mg/100g.

## Conclusion

Les différents vinaigres de dattes étudiés (Deglet blanc, Feggous, parra, Tamjouart, Khaswane, Ajoua, Aadma et Hmira) présentent un pH acide, ce qui renseigne sur l'activité métabolique de la microflore. En effet, le pH acide est défavorable pour le développement des microorganismes pathogènes. Ces vinaigres sont riches en sucres, en sels minéraux comparés aux vinaigres de pomme et de commerce. Ils se caractérisent par une teneur réduite en lipides, due à leur faible concentration dans les dattes. Par ailleurs, les vinaigres de dattes sont riches en composés phénoliques, en particulier en polyphénols et en flavonoïdes, ce qui laisse suggérer qu'ils peuvent être une source précieuse d'antioxydants. Les variations observées pourraient être liées à divers facteurs, tels que l'origine géographique, l'effet variétal, la maturité, la période de la récolte, le stockage ou le transport.

## Conflit d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

## Références

1. Świąder K., Białek K., Isleten Hosoglu M. Varieties of date palm fruits (Phoenix dactylifera L.), their characteristics and cultivation®. *Postępy*

- Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2020; (1): 173-9.
2. Parvin S., Easmin D., Sheikh A., Biswas M., Sharma S., Jahan MDGS. et al. Nutritional analysis of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) in perspective of Bangladesh. *Am J Life Sci* 2015; 3(4): 274-8.
  3. Gros-Balthazard M., Flowers JM., Hazzouri K., Ferrand S., Aberlenc F., Sallon S. et al. The genomes of ancient date palms germinated from 2,000 y old seeds. *Proc Natl Acad Sci USA* 2021; 118(19): e2025337118.
  4. Bellabaci H. Inventaire et étude des variétés du palmier dattier dans le sud est Algérien. *Algerian Annals Agric* 1988;12(1): 507-18.
  5. Dayang JF., Reuben CR., Raji F. Nutritional, socioeconomic and health benefits of dates. *Int J Food Nutr Sci* 2014;3(6): 63-73.
  6. Al-Khayri JM., Jain SM., Johnson D. Date palm genetic resources and utilization, Volume 1: Africa and the Americas. *Springer* 2015; 546p.
  7. YounasA., Naqvi SA., Khan MR., Shabbir MA., Jatoi MA., Anwar F. et al. Functional food and nutra-pharmaceutical perspectives of date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit. *J Food Biochem* 2020;44(9): e13332.
  8. Wang TY., Li Q., Bi KS. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. *Asian J Pharm Sci* 2018;13(1): 12-23.
  9. Edeas M. Les polyphénols et les polyphénols de thé. *Phytothérapie* 2007;5: 264-70.
  10. Boufis N., Khelifi-Slaoui M., Djillali Z, Zaoui D., Morsli A., Bernards M.A. et al. Effects of growth regulators and types of culture media on somatic embryogenesis in date palm (*Phoenix dactylifera* L. cv. Degla Beida). *Sci Hort* 2014;172(9): 135-42.
  11. Delsal J. Nouveau procédé d'extraction des lipides du sérum par le méthylal. Application aux microdosages du cholestérol total, des phospho-amino lipides et des protéines. *Bull Soc Chim Biol* 1944;26: 99-105.
  12. Dubois M., Gilles KA., Hamilton JK., Pebers PA., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 1956; 28(3): 350-6.
  13. Dewanto V., Wu X., Adom KK., Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric Food Chem* 2002;50(10): 3010-4.
  14. Price ML., Van Scoyoc S., Butler LG. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J Agr Food Chem* 1978; 26(5): 1214-8.
  15. Julkunen-Titto R. Phenolic constituents in the leaves of northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics. *J Agri Food Chem* 1985;33(2): 213-7.
  16. Murray JR., Hackett WP. Dihydro flavonol reductase activity in relation to differential anthocyanin accumulation in juvenile and mature phase *Hedera helix* L. *Plant Physiology* 1991;97(1): 343-51.
  17. Ould El Hadj MD., Sebihi AH., Siboukeur O. Qualité hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelques variétés de dattes de la cuvette de Ouargla. *Rev Energ Ren: Production et Valorisation-Biomasse*. 2001; 87-92.
  18. Acourene S., Djafri K., Benchabane A., Tama M., Taleb B. Dates quality assessment of the main date palm cultivars grown in Algeria. *Ann Res Rev Bio* 2014;4(3): 487-99.
  19. Hafzan Y., Saw JW., Fadzilah I. Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of homemade and commercial date (*Phoenix dactylifera* L) vinegar. *Int Food Res J* 2017;24(6): 2557-62.
  20. Mbungu C., Mbungu K., Mbungu P., Mbungu CM., Mbungu J., Kanyinda JN. Qualité microbiologique, caractéristiques Biochimiques et Physico-Chimiques d'un vinaigre artisanal à base des mangues jetées. *Int J Innov Appl Studies* 2016; 17(3): 949-53.
  21. Tänavots A., Pöldvere A., Kerner K., Veri k., Kaart T., Torp J. Effects of mustard-honey, apple vinegar, white wine vinegar and kefir acidic marinades on the properties of pork. *Vet Med Zoot* 2018;76(98): 76-84
  22. Djafri k., Khemissat E., Bergouia M., Hafouda S. Valorisation technologique des dattes de faible valeur marchande par la production du sirop. *Recherche Agronomique* 2021;19(1): 97-114.
  23. Mansouri DOI., Rochdi M., Lyoussi B., El Arabi I. Etude des paramètres physico-chimiques et de l'activité antioxydante de trois vinaigres de cidre traditionnels issus de trois variétés de pomme de la région de Midelt au Maroc. *El Wahat J Res Studies* 2017;10(1): 37-50.
  24. Sayah Z., Ould El Hadj MD. Etude comparative des caractéristiques physicochimique et biochimiques des dattes de la cuvette d'Ouargla. *Annal Sci Tech* 2010;2(1): 87-92.
  25. Kemassi H., Idder T., Babahani S., Boukhris k., Sayah Z., Arfa Y. Caractérisation des déchets ligno-cellulosiques des industries agro-alimen-

- taires de dattes de la région de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien). *Livestock Res Rural Develop* 2020;32(1).
26. Bouaziz S., Ould El Hadj MD. Contribution a l'étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de quelques types de vinaigres traditionnels de dattes obtenues à partir de quelques variétés de la région de Ouargla. *Annal Sci Tech* 2010;2(1): 80-6.
27. Langlois K., Garriguet D., Gonzalez A., Sinclair S., Colapinto CK. Change in total sugars consumption among Canadian children and adults. *Health Rep* 2019;30(1): 10-9.
28. Harrak H., Boujenah M. Valorisation technologique des dattes au Maroc. Institut National de la Recherche Agronomique. *INRA* 2012; p34.
29. Mark RX., Lyu JJ., Lee L., Parra-Saldívar R., Chen WN. Sustainable production of natural phenolics for functional food applications. *J Funct Foods* 2019;57: 233-54.
30. Recio M., Andujar I., Rios J. Anti-Inflammatory agents from plants: progress and potential. *Curr Med Chem* 2012;19: 2088-103.
31. Xia T., Zhang B., Duan W., Zhang J., Wang M. Nutrients and bioactive components from vinegar: A fermented and functional food. *J Funct Foods* 2020;64: 103681.
32. Li X-j., Wang Xy., Jing Y., LU M., Wang RH., Quan ZJ. The determination and comparison of phenolics in apple vinegar, persimmon vinegar and kiwifruit vinegar. *Food Fermentation Industries* 2013;39(06): 186-90.
33. Mansouri A., Guendez E., Kokkalou E., Kefalas P. Phenolic profile and antioxidant activity of Algerian ripe date palm (*Phoenix dactylifera*). *Food Chem* 2005;89(3): 411-20.
34. Benmeddour Z., Mehinagic E., Le Meurlay D., Louaileche H. Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars: A comparative study. *J Functional Foods* 2013;5(1): 346-54.
35. García-Lafuente A., Guillamón E., Villares A., Rostagno MA., Martínez JA. Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflamm Res* 2009;58(9): 537-52.
36. Sengun IY., Kilic G., Ozturk B. Screening physicochemical, microbiological and bioactive properties of fruit vinegars produced from various raw materials. *Food Sci Biotechnology* 2020;29: 401-8.
37. Zineb G., Boukouada M., Djeridane A., Saidi M., Yousfi M. Screening of antioxidant activity and phenolic compounds of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Algeria. *Med J Nutr Metab* 2012;5: 119-26.
38. Tajini F., Bouali Y., Ouerghi A. Etude de la qualité nutritionnelle de fruit de *Phœnix dactylifera* L. : mesure des paramètres biochimiques. *Rev Nat Tech* 2020;12(2): 39-49.
39. Durazzo A., Lucarini M., Souto EB., Cicala C., Caiazza E., Izzo AA. et al. Polyphenols: a concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytother Res* 2019;33(9):2221-43.
40. El Arem A., Flamini G., Emna BS., Issaoui M., Zeyene N., Ferchichi A. et al. Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L) fruits at three maturation stages. *Food Chem* 2011;127(4): 1744-54.
41. Albuquerque BR., Heleno SA., Oliveira MBPP., Barros L., Isabel CFR. Phenolic compounds: current industrial applications, limitations and future challenges. *Food Funct* 2021;12(1): 14-29.
42. Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., Shahidi F. Comparison of antioxidant activity, antho-cyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *J Agric Food Chem* 2005;53(19): 7592-9.