



Composés bioactifs

Impact de la teneur en polyphénols sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques de trois variétés Algériennes de figes sèches (*Ficus carica* L.)

Impact of polyphenol content on physico-chemical and microbiological properties of three Algerian dried figs (*Ficus carica* L.) varieties

Aicha DEBIB^{1,2}, Nadia GUESSAIBIA¹, Aicha TIR-TOUIL², Atika BENRIMA¹, Boumediene MEDDAH²

¹Département de Biologie et Physiologie Cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Saad Dahleb de Blida, 09100 Algérie. ²Laboratoire de Bioconversion, Génie Microbiologique et Sécurité Sanitaire (LBGMSS), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mustapha Stambouli de Mascara, BP 305, 29000 Algérie.

Auteur correspondant : a_debib@yahoo.fr

Reçu le 15 mai 2018, Révisé le 15 juin 2018, Accepté le 30 juin 2018

Résumé Introduction. La figue (*Ficus carica* L.) fruit du figuier est considérée comme l'un des fruits les plus anciens du monde. **Objectif.** La présente étude vise à évaluer l'impact de la teneur en polyphénols sur les propriétés physicochimiques et microbiologiques de trois variétés Algériennes de figes sèches (*Abarki*, *Azendjar* et *Taameriout*). **Matériel et Méthodes.** Les paramètres physicochimiques (acidité titrable, pH et teneur en eau) et microbiologiques (flore totale aérobie mésophile (FTAM), coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF) et levures et moisissures) ont été déterminés puis les polyphénols et les flavonoïdes ont été dosés pour étudier leur impact sur la qualité physicochimique et microbiologique. **Résultats.** Les résultats du dénombrement de la FTAM, CT et CF et la flore fongique ont révélé que la variété *Azendjar* présente la meilleure qualité microbiologique suivi par la variété *Abarki* et la variété *taameriout*. Les valeurs de la flore fongique ont dépassé la norme internationale (10^3 UFC/Lg) avec des valeurs de 2133 UFC/g et 3366 UFC/g pour les variétés *Taameriout* et *Abarki* respectivement. D'autre part, les résultats des dosages quantitatifs des polyphénols, ont montré que la variété *Azendjar* était la plus riche en polyphénols, suivie par la variété *Taameriout*. La corrélation entre le nombre de germes totaux et la teneur en différentes classes de polyphénols s'est révélée inversement proportionnelle avec la teneur en polyphénols totaux, notamment dans la variété *Azendjar* ($r^2=0,94$, $p<0,05$) et la teneur en flavonoïdes ($r^2=0,83$, $p<0,05$). **Conclusion.** Ces résultats laissent suggérer que les polyphénols de figes sèches de la variété *Azendjar* ont un impact important sur la FTAM de ce fruit.

Mots clés : *Figues sèches, Ficus carica L., Azendjar, Taamriout, Abarki, Composés phénoliques, Qualité microbiologique*

Abstract Introduction. *Ficus carica* L. (fig) is one of the oldest fruits in the world. **Objective.** The present study aimed to investigate the impact of polyphenol content on the physicochemical and microbiological properties of three Algerian dried figs varieties (*Abarki, Azendjar* and *Taameriout*). **Material and methods.** Physicochemical (Titratable acidity, pH and water content) and microbiological (total aerobic mesophilic flora (TAMF), total (CT) and fecal coliforms (FC) and yeast and fungi counts) parameters were determined and polyphenols and flavonoids were quantified to study their impact on physicochemical and microbiological quality. **Results.** The results of TAMF, TC and FC coliforms and fungal flora revealed that the *Azendjar* variety had the best microbiological quality followed by the *Abarki* variety and the *Taameriout* variety. The values of fungal flora exceeded the international stipulated limit (10^3 CFU/g) with a value of 2133 CFU/g and 3366 CFU/g for the *Taameriout* and *Abarki* varieties, respectively. On the other hand, the results of the quantitative assays phenolic compounds, showed that the *Azendjar* dried fig variety represented the richest variety in polyphenols, followed by the *Taameriout* variety. The correlation between microbiological properties and the content of polyphenols different classes measured was inversely proportional with the total polyphenols content ($r^2 = 0.94$, $p < 0.05$) and the flavonoids content ($r^2 = 0.83$, $p < 0.05$), in particular in the *Azendjar* variety. **Conclusion.** These results suggest that *Azendjar* dried fig polyphenols have a significant impact on the TAMF of this fruit.

Key words: *Dried figs, Ficus carica L., Azendjar, Taamriout, Abarki, Phenolic compounds, Microbiological quality*

Introduction

De nombreux documents historiques témoignent des bienfaits des aliments, ce qui a été pris en compte depuis plus de mille ans. Ainsi, même Hippocrate, considéré comme "le père" de la médecine occidentale, disait «Permettez à vos aliments d'être votre médicament, et à votre médicament d'être vos aliments» [1]. Dans ce contexte, la sécurité sanitaire des aliments est considérée comme une des composantes essentielles de la protection de la santé publique. Il y a quelques dizaines d'années, la science alimentaire se limitait à analyser la valeur nutritive des aliments. De nos jours, de nouvelles recherches ont conduit à une meilleure connaissance du rapport entre la composition des aliments et leur qualité sanitaire, en mettant en valeur des composantes ayant des propriétés biologiques [1, 2].

Parmi ces composants, il y a les polyphénols, qui sont des phytomicronutriments synthétisés par les végétaux et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire, afin d'accomplir des fonctions précises. Les plus notoires sont la défense contre les pathogènes, principalement les moisissures et les bactéries phytopathogènes, la dissuasion alimentaire, l'attraction des pollinisateurs, la protection contre les rayonnements UV. Finalement, elles donnent des arômes

et des parfums aux plantes, ce qui sert principalement à repousser les herbivores [3,4].

Les figues, aussi bien fraîches que séchées, sont une source extraordinaire de ces molécules [5,6], sachant que 90% du poids d'un fruit frais est l'eau, les fruits secs pourraient être dix fois plus nutritifs en poids que frais. Donc, la concentration en polyphénols des figues sèches est bien plus élevée que celle des figues fraîches. Les polyphénols identifiés dans ce fruit sont les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins [5,6].

Les bienfaits des figues ont été mentionnés dans le Coran. Dieu en a fait référence dans le premier verset de la sourate At-Tin « *Par le figuier et l'olivier* » (Coran, 95:1) et même elle a été mentionnée dans le hadith, "*Abu Dardàa*" a rapporté ce hadith du *Messenger d'Allah (paix et bénédiction sur lui)* : "*Si je disais qu'il y a un fruit qui provient du Paradis, je dirais que c'est la figue parce qu'elle est sans noyau. Mangez-en, car elle guérit les hémorroïdes et est bénéfique à la Goutte.*" De là vient le serment par la figue dans le Coran et la nomination d'une de ses sourates par ce nom.

La culture du figuier en Algérie occupe 39 830 ha, environ 6,9% des plantations fruitières. La production totale est estimée à 606 900 Qx, dont plus de 80% est consommée à l'état frais, le reste de la production est

soumis au séchage [7], dont les méthodes diffèrent d'une région à l'autre et, généralement, le séchage traditionnel à l'air libre est utilisé. Ces pratiques sont des conditions optimales pour le développement des microorganismes pathogènes ; ce qui constitue un sérieux problème pour la santé humaine.

L'objectif de cette étude est l'étude de l'impact de la teneur en polyphénols sur la qualité physico-chimique et microbiologique de trois variétés Algériennes (*Abarki*, *Azendjar* et *Taameriout*) de figues sèches.

Matériel et méthodes

Echantillons

Les échantillons des variétés de figues séchées (*Ficus carica*) ; *Taamriout* (couleur verte) et *Azendjar* (couleur noire) ont été achetés chez le fournisseur Khodja de l'Entreprise Agrogroupe d'importation et d'exportation de la wilaya de Bejaia en Mars 2014 tandis que la variété *Abarki*, caractérisée par la couleur rouge a été achetée le mois de mai 2014 à Ain Tagourait la wilaya de Tipaza.

Analyses physico-chimiques [8]

Détermination du pH

Dans une fiole de 200 ml, 4g de figues séchées broyées, sont dispersées dans de l'eau chaude. Après refroidissement, la fiole est complétée jusqu'au trait de Jauge avec de l'eau distillée. La solution obtenue sert à la détermination du pH à l'aide d'un pH mètre de paillasse (BNC).

Mesure de l'acidité titrable

Après broyage et extraction des acides à partir d'une solution à 10% de l'échantillon dans de l'eau distillée, l'acidité est titrée en utilisant de la soude NaOH (0,01 N) jusqu'à un pH de 8,1±0,2 (ISO 70,1998) les résultats sont exprimés en g d'acide citrique par 100g de figue, en utilisant la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (g/100g)} = \frac{C_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times 0,064}{\text{Prise d'essai}} \times 100$$

Acidité titrable : exprimée en g d'acide citrique/100 g de figues sèches. C_{NaOH} : concentration de la solution de soude (0,01 mol/L). V_{NaOH} : volume (mL) de soude ajouté pour atteindre le pH de 8,1. Prise d'essai : poids de l'échantillon utilisé pour le test (10g). 0,064 : facteur conventionnel établi pour l'acide citrique.

Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation d'un échantillon de 2 g des figues dans une étuve

isotherme (UF 110 Memmert, France) à une température de 70±2°C pendant 48h pour éviter la caramélisation des sucres. La teneur en eau est la différence entre le poids de l'échantillon avant et après la dessiccation lorsque leur poids reste constant.

$$H\% = \frac{M_1 - M_2}{\text{Prise d'essai}} \times 100$$

H (%) : Taux d'humidité en pourcentage. M_1 : Masse de l'échantillon avant mise à l'étuve en g. M_2 : Masse de l'échantillon après mise à l'étuve en g.

Analyses microbiologiques

Préparation des dilutions

Un g d'échantillon est rajouté dans un flacon contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, la solution est homogénéisée à l'aide d'un IKA vortex (Paris, France), ensuite 1 mL de la solution-mère (10^{-1}) est prélevé, introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile (dilution 10^{-2}). À partir de cette dilution sont préparées les autres dilutions décimales jusqu'à 10^{-7} .

Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) (NF V08-051, 1999)

La FTAM est un indicateur d'hygiène important, elle permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité formant colonie) présent dans un produit. Les germes aérobies sont dénombrés sur gélose PCA (Plat Count Agar acheté de l'institut pasteur d'Alger) . À partir de la solution-mère et des dilutions préparées, trois boîtes de Pétri ont étéensemencées en masse. Un volume de 100µl de différentes dilutions est mis dans des boîtes de Pétri, puis une couche de gélose PCA y est additionnée. Après incubation à 30°C pendant 72h, les colonies sont comptées. Les résultats seront exprimés en UFC/ gramme, le nombre des bactéries est calculé par l'équation suivante :

$$X = \frac{\sum C_n}{(N_1 \times V_1)D_1 + (N_2 \times V_2)D_2 + \dots + (N_n \times V_n)D_n}$$

C_n : nombre de colonies comptées sur les boîtes retenues. N_n : nombre de biotes retenu de la $n^{\text{ème}}$ dilution. V_n : volume de l'inoculum $n^{\text{ème}}$ dilution. D_n : valeur de la $n^{\text{ème}}$ dilution.

Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux [9]

Le dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux a été réalisé selon les méthodes ISO 4832 et NF V08-060 respectivement sur le milieu gélosé au désoxycholate (acheté de l'institut pasteur d'Alger), l'ensemencement est effectué en profondeur. Après incubation à 37°C et 44°C respec-

tivement pendant 24 heures, les colonies sont comptées.

Dénombrement des levures et moisissures NF V08-059, 2002 [9]

Les levures et les moisissures sont dénombrées sur gélose glucosée au chloramphénicol (acheté de l'institut pasteur d'Alger). Un volume de 1 ml est ensemencé en profondeur à partir de la solution-mère et de chaque dilution dans des boîtes de pétri stériles, une couche de gélose PCA est ajoutée. Après incubation à 25°C pendant 4 jours, les colonies sont comptées.

Extraction des polyphénols

Préparation de l'extrait aqueux et de l'extrait éthérique

Les extraits aqueux et éthérique ont été obtenus par broyage et macération (48 heures) de 50 g de fruits dans 500 ml d'eau distillée et 500 ml d'éther de pétrole respectivement. Les filtrats obtenus sur papier Whatman N°1 sont alors évaporés à l'aide d'un rotavapeur R-II (Buchi, France) ou lyophilisés. Les résidus obtenus sont conservés à -20°C.

Préparation de l'extrait méthanolique et de l'extrait d'acétone [5]

Cinquante g de figes sèches sont broyées et homogénéisées puis mis en contact avec 250 mL d'une solution à 80% de méthanol ou 60% d'acétone additionnée de 1% de 2,6-di-tert-butyl-4-méthylphénol (BHT) (Sigma, Aldrich, France), en utilisant un bain ultrasonique (Sonorex, France) pendant 1heure. La solution était ensuite filtrée pour séparer le filtrat du marc. Celle-ci était ré-extraite avec 200 mL de solvant selon le même protocole pendant 30min, pour arriver finalement à 100 mL pendant 30 min. Les trois fractions d'extraction ont été combinées dans un volume final de 500 mL. Le solvant a été évaporé à l'aide d'un rota-vapeur R-II (Buchi, France).

Dosage des polyphénols

Les polyphénols sont estimés par la méthode de Folin-Ciocalteu [10], modifiée [11,12].

L'extrait (2,5 mL) est dilué avec 25 mL d'eau distillée, ensuite 2mL de la solution préparée ont été mélangés avec 10mL de réactif de Folin-Ciocalteu (10 fois dilué avec l'eau distillée). Après 5 min, 8mL d'une solution de carbonate de sodium (75 mg/mL) sont additionnés au milieu réactionnel. Après 2 heures d'incubation à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 765 nm. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par 100 g de fruits (mg EAG/100g de fruits).

Dosage des flavonoïdes

La méthode au $AlCl_3$ [13] a été employée pour la détermination de la teneur totale en flavonoïdes des extraits préparés. Un mL de chaque extrait a été ajouté à un volume égal d'une solution de 2% $AlCl_3$; (2 g dans 100 ml de méthanol). Le mélange a été vigoureusement agité, et l'absorbance est lue à 367nm après 10 min d'incubation.

La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une courbe d'étalonnage, établie avec le catéchine. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent de catéchine par 100 g de fruits (mg ECA/100g de fruits).

Analyse statistique

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne \pm erreur standard et de pourcentage. La comparaison entre les valeurs des polyphénols des variétés est effectuée par le test 't' de Student. Les régressions simples et multiples sont calculées pour les courbes d'étalonnage et les liens entre les variables mesurées (Logiciel (STAVIEW version 5.0, Abacus Concepts, Berkeley, CA).

Résultats

Analyses physico-chimiques

Les résultats de l'analyse physico-chimique de nos échantillons de figes sèches sont répertoriés sur le tableau I. D'après ces résultats et selon la norme CEE-ONU DF-14, 2005, les variétés étudiées peuvent être classées dans la catégorie "Extra".

Tableau I. Caractéristiques physico-chimiques du fruit *Ficus carica* L.

Variété	pH	Poids unitaire (g)	Unité/kg	Taux d'humidité (%)	Acidité (g/100g)
<i>Taamriout</i>	5,05 \pm 0,46	16,08 \pm 0,10	62,00 \pm 0,50	19,00 \pm 1,30	0,52 \pm 0,28
<i>Abarki</i>	4,91 \pm 0,14	18,00 \pm 1,23	50	21	0,67 \pm 0,06
<i>Azendjar</i>	4,98 \pm 0,30	17,45 \pm 0,28	57,30 \pm 1,41	14,33 \pm 0,84	0,64 \pm 0,13

Chaque valeur représente la moyenne \pm ES de 3 échantillons.

Tableau II. Résultats des analyses microbiologiques (UFC/g)

Variété	FTAM à 24h	FTAM à 48h	FTAM à 72h	Coliformes totaux	Coliforme fécaux	flore fongique
<i>Azendjar</i>	$1,12 \times 10^3$	$9,80 \times 10^3$	$10,95 \times 10^3$	30	Absence	390
<i>Taameriout</i>	$13,40 \times 10^3$	$14,63 \times 10^3$	$14,67 \times 10^3$	50	Absence	2133
<i>Abarki</i>	$11,10 \times 10^3$	$11,10 \times 10^3$	$13,44 \times 10^3$	101	Absence	3366

Chaque valeur représente la moyenne de 3 dénombrements.

Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques sont résumés dans le tableau II. Une forte contamination par la flore fongique est notée, notamment, dans la variété *Taameriout* (2133 UFC/g) et la variété *Abarki* (3366 UFC/g). Par ailleurs, les valeurs de la FTAM, des coliformes totaux et des coliformes fécaux restent dans les normes

Teneurs en polyphénols

Les résultats montrent que la variété *Azendjar* est la plus riche en polyphénols, dont l'extrait aqueux est la fraction phénolique la mieux représentée $756,65 \pm 16,65$ mgEAG/100g, suivi par l'extrait méthanolique de $426,12 \pm 10$ mgEAG/100g et l'extrait d'acétone de $256,28$ (Fig. 1). Alors que l'extrait apolaire ne contient que $56,37 \pm 6,45$ mg EAG/100g. De même, l'extrait polaire constitue la fraction phénolique la mieux représentée pour les deux variétés *Azendjar* et *Taameriout*. Par contre, pour la variété *Abarki*, l'extrait acétonique paraît le plus riche avec une valeur de $665 \pm 13,65$ mgEAG/100g.

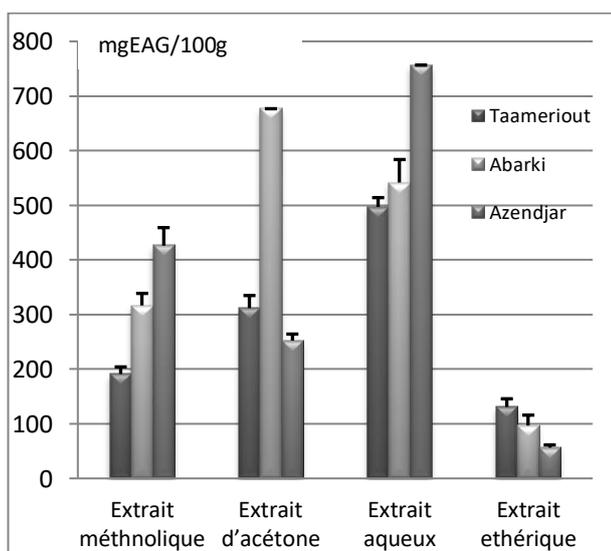


Fig1. Teneur en polyphénols des extraits de *Ficus carica* L. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne \pm erreur standard pour trois dosages.

L'estimation quantitative des flavonoïdes par la méthode au trichlorure d'aluminium révèle que les

extraits méthanoliques sont les plus riches en flavonoïdes, excepté pour la variété *Abarki*. Par la suite, viennent les extraits aqueux et acétoniques, suivis par les extraits éthériques (Fig. 2).

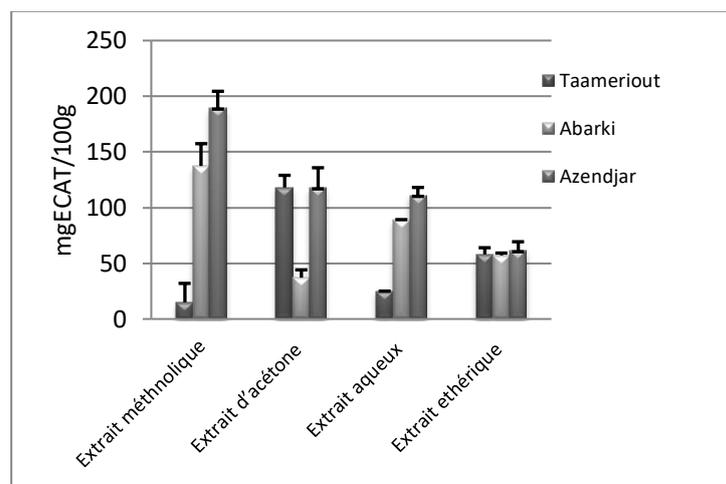


Fig.2. Teneur en flavonoïdes des extraits du *Ficus carica* L. Les valeurs représentent les moyennes \pm erreur standard de trois dosages.

Discussion

Les figues sèches sont une source extraordinaire de polyphénols. La présente étude vise à évaluer l'impact de la teneur en polyphénols sur les propriétés physicochimiques et microbiologiques de trois variétés Algériennes de figues sèches (*Abarki*, *Azendjar* et *Taameriout*). Les résultats des analyses physicochimiques ont confirmé l'excellente qualité des trois variétés étudiées. En effet, elles renferment des taux d'humidité proches des valeurs recommandées par la norme CEE-ONU-DF-14 [14]. En effet, cette dernière précise que les figues sèches doivent avoir une teneur en eau maximale de 26% et ne doit pas dépasser 30%. Le nombre de fruits au kg ne doit pas dépasser 65. Les figues sèches sont presque uniformes, du point de vue du calibre et exemptes de défaut, avec un conditionnement conforme aux normes. Elles présentent une légère acidité. Ce faible pH trouvé peut s'expliquer par l'effet du stockage (plus de 7

mois) et l'état physiologique du fruit lors de la récolte. D'après les données théoriques, il ressort que la valeur de pH obtenue, dans cette étude, est très proche de celle des figes sèches d'origine Tunisienne et Italienne (4,76-5,26) [15-17]. Le pH est un important paramètre pour le contrôle de la qualité des denrées alimentaires. En effet, un produit acide est mieux protégé contre les altérations biologiques et enzymatiques, comparé à un produit à pH neutre. En ce qui concerne le taux d'humidité, nos résultats sont inférieurs à ceux décrits par Alaskari *et al.* (2012) [17] qui ont obtenu des taux d'humidité variant entre 20,10 à 23,10 %. En revanche, nos résultats sur l'acidité titrable sont plus élevés par rapport aux valeurs notées par ces auteurs et qui sont comprises entre 0,26 et 0,38 g/100g [17].

Au vu des analyses microbiologiques (Tableau II), une forte contamination par la flore fongique est notée, par contre les valeurs de la FTAM, des coliformes totaux et des coliformes fécaux restent dans les normes. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'effet du stockage ou les mauvaises conditions de séchage. En effet, les coliformes peuvent présenter un danger pour l'homme, notamment par *E. coli* qui se caractérise, parfois, par sa pathogénicité. L'absence des coliformes fécaux dans nos échantillons de figes sèches confirme bien l'absence de contamination fécale qui peut avoir lieu lors des différentes manipulations par le personnel impliqué dans la préparation ou dans la vente de ces denrées alimentaires.

Les valeurs moyennes obtenues concernant les moisissures sont alarmantes, notamment celles obtenues dans les variétés *Taameriout* et *Abarki* qui dépassent clairement les limites fixées par la réglementation AFNOR (10^3 UFC/g) [18]. Ceci favorise la prolifération des moisissures toxigènes qui constituent, généralement, un danger réel pour la santé de l'homme par la sécrétion de substances hautement toxiques au cours de leur prolifération. De plus, ces substances, regroupées sous le nom des mycotoxines, ont une composition chimique très variable, ce qui fait que leurs propriétés physico-chimiques et toxicologiques sont extrêmement variées. Selon le 9^{ème} rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA, 2009), la plupart de ces mycotoxines sont hépatotoxiques, néphrétiques, génotoxiques et carcinogènes [18].

Les résultats du dosage des polyphénols totaux montre que la variété *Azendjar* représente la variété la plus riche en polyphénols par rapport aux variétés *Abarki* et *Taameriout*. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Vinson *et al.* (2005) [19] pour la variété américaine (figue de Californie) et ceux de

Oliveira *et al.* (2009) [20] et Soloman *et al.* (2006) [21] qui ont trouvé que les variétés, de couleur plus foncée, sont plus riches en composés phénoliques. Cependant, nos résultats sont plus élevés que ceux rapportés par El-Shobaki *et al.* 2010 [22] pour les variétés égyptiennes.

En fait, la solubilité des polyphénols est liée au type de solvant utilisé, leur degré de polymérisation ainsi que leur interaction avec d'autres constituants et la formation de complexes insolubles. Pour une plus haute récupération de polyphénols, le méthanol est le solvant approprié [23]. Selon Seidel (2005) [24], l'eau et le méthanol sont deux solvants polaires qui extraient, particulièrement, les flavonoïdes glycosylés et les tannins. Tandis que, les flavonoïdes aglycones sont extraits par les alcools ou les mélanges eau-alcool. Les teneurs en flavonoïdes, notées dans notre étude, sont en parfaite concordance avec ceux rapportés par El-Shobaki *et al.* (2010) [22] sur une variété de figue sèches égyptienne (82 à 192 mg/100 g). Deux autres études [25,26] ont déterminé la quantité de flavonoïdes dans des variétés de figes sèches tunisiennes et turques. Les valeurs obtenues varient de $32,78 \pm 2,70$ à $39,86 \pm 7,23$ mg/100g de fruit, respectivement. Toutefois, il faut noter que les méthodes d'extraction et de quantification utilisées par ces deux auteurs sont différentes de celles utilisées dans notre étude. En effet, Faleh *et al.* (2012) ont utilisé une analyse HPLC/DAD et Nakilcioglu & Hısil, (2013) ont couplé deux méthodes, le dosage colorimétrique et l'analyse HPLC/DAD. Il est important aussi de noter que la faible spécificité du réactif de Folin-Ciocalteu est l'inconvénient principal du dosage colorimétrique. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles, non seulement celle des composés phénoliques, mais également de certains sucres et de protéines etc. [27]. Ainsi, le solvant d'extraction élu des substances non phénoliques, comme les sucres, les protéines et les colorants, peut interférer dans toute évaluation phénolique [28].

Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre les paramètres physicochimiques et la teneur en polyphénols et en flavonoïdes. Cependant, une corrélation significative est notée entre le nombre de germes totaux et la teneur des différentes classes de polyphénols de la variété *Azendjar* qui est inversement proportionnelle à la teneur en polyphénols totaux ($r^2 = 0,94$, $p < 0,05$) et celle en flavonoïdes ($r^2 = 0,83$, $p < 0,05$). Les fortes corrélations notées entre le nombre de germes totaux et les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes pourraient être attribuées à leur capacité d'inhiber plusieurs souches microbiennes. Il est connu que les flavonoïdes ainsi

que les coumarines sont synthétisées par les plantes, en réponse à une infection microbienne. Leur activité est probablement due à leur capacité à se complexer avec les protéines extracellulaires et intracellulaires des parois cellulaires bactériennes. Les flavonoïdes lipophiles peuvent également perturber les membranes microbiennes [29].

Plusieurs investigations ont montré que les coumarines sont efficaces contre les bactéries Gram positif et Gram négatifs [30, 31]. Le psoralène et le bergaptène, présents dans le fruit du figuier, sont dotés aussi d'une activité antibactérienne [32]

La forte corrélation entre le taux de flavonoïdes et le nombre de germes totaux pourrait être expliquée par le fait que les flavonoïdes sont de puissants inhibiteurs de l'ADN gyrase bactérien. Selon Dadi *et al.* 2009 [33], l'activité antimicrobienne des flavonoïdes s'effectue selon deux mécanismes. Ils se fixent sur l'ADN au niveau des sites d'insertion de l'enzyme, bloquant ainsi son activité ; ils bloquent le site de fixation de l'ATP sur l'ADN gyrase. Dans les deux cas, l'action des flavonoïdes se manifeste par le clivage de l'ADN bactérien, désormais incapable de subir les modifications topologiques nécessaires à son bon fonctionnement.

Conclusion

Les résultats de cette étude confirment que les polyphénols de figues sèches de la variété *Azendiar* ont un impact important sur la qualité microbiologique de ce fruit. Cependant, ces résultats restent préliminaires et il est recommandé d'étudier d'autres variétés et de rechercher d'autres paramètres microbiologiques, tels que le dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* et d'étudier le mécanisme par lequel les polyphénols influent sur la qualité microbiologique de ce fruit.

Conflits d'intérêts

Aucun conflit d'intérêt n'est à mentionner.

Références

1. Witkamp RF., Norren KV. Let thy food be thy medicine....when possible. *Eur J Pharmacol* 2018 ; 836: 102-14.
2. Soquetta MB., Stefanello FS., Huerta KM., Monteiro SS., Rosa CS., Terra NN. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Chem* 2016;199:471-8.
3. Druyne T. Condensed vegetable tannins: biodiversity in structure and biological activities. *Biochem Syst Ecol* 1999; 27 (4): 445-59.
4. Sasaki K., Takahashi TA. flavonoid from *Brassica rapa* flower as the UV-absorbing nectar guide. *Phytochem* 2002; 61 : 339-43.
5. Debib A., Tir-Touil A., Mothana RA., Meddah B., Sonnet P. Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of two fruit varieties of Algerian *Ficus carica* L. *J Food Biochem* 2014; 38: 207-15.
6. Debib A., Dueñas M., Meddah M., Mothana RA., Alioui L., Tir-Touil MA. Synergetic Hepato-protective Effect of Phenolic Fractions Obtained from *Ficus carica* Dried Fruit and Extra Virgin Olive Oil on CCL4-Induced Oxidative Stress and Hepatotoxicity in Rats. *J Food Biochem* 2016;40:507-16.
7. Ferradji A., Chabour H., Malek A. Séchage solaire des figues : Bilan thermique et isotherme de désorption. *Revue Energies Renouvelables* 2011 ; 14: 717-26.
8. A.O.A.C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist s' 20 th Ed. Washington, D.C. USA: 2016, p.567-867.
9. AFNOR, Norme française de microbiologie des aliments. 2002. <https://www.boutique.afnor.org>
10. Singleton VL., Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965; 16:144-58.
11. Ollivier D., Boubault E., Pinatel C., Souillol S., Guérère M., Artaud J. Analyse de la fraction phénolique des huiles d'olive vierges. *Ann Fals Exp Chim* 2004; 965:169-96.
12. Li HB., Cheng KW., Wong CC., Fan KW., Chen F., Jiang Y. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food Chem* 2007;102:771-6.
13. Huang DJ., Lin CD, Chen HJ., Lin YH. Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam 'Tainong 57') constituents. *Bot Bull Acad Sin* 2004; 45: 179-86.
14. UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). CEE-ONU-DF-14 concerning the marketing and commercial quality control of dried figs. 1996. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/dry/Recommendations/Archives/Recommendation_14E_DriedFigs_2012.pdf
15. Aljane F., Ferchichi A. Morphological, chemical and sensory characterization of Tunisian fig (*Ficus carica* L.) cultivars based on dried fruits. *Acta Hort* 2007; 741: 81-5.

16. Genna A., De Vecchi P., Maestrelli A., Bruno M. Quality of 'Dottato' dried figs grown in the Cosenza region, Italy. A sensory and physical-chemical approach. *Acta Hort* 2008 ; 798: 319-23.
17. Al Askari G., Kahouadji A., Khedid K., Charof R., Mennane Z. Caractérisations Physico-Chimique et Microbiologique de la Figue Sèche Prélevée des Marchés de Rabat-Salé, Temara et Casablanca. *Technologies Laboratoire* 2012 ; 7: 12-9.
18. AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), 2009. Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale. https://www.anse.fr/fr/system/files/RCCP-Ra-Mycotoxines_2009.pdf
19. Vinson JA., Zubik L., Bose P., Samman N., Proch J. Dried fruits: excellent *in vitro* and *in vivo* antioxidants. *J Am Coll Nutr* 2005 ; 24: 44-50.
20. Oliveira AP., Valentão P., Pereira JA., Silva BM., Tavares F., Andrade PB. *Ficus carica* L.: Metabolic and biological screening. *Food Chem Toxicol* 2009 ; 47:2841-6.
21. Soloman A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grosman S., Bergman M., Gottlieb HE., et al. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *J Agric Food Chem* 2006; 54: 7717-23.
22. El-Shobaki FA., El-Bahay AM., Esmail RSA., Abd El Megeid AA., Esmail NS. Effect of figs fruit (*Ficus carica* L.) and its leaves on hyperglycemia in alloxan diabetic rats. *World J Dairy Food Sci* 2010 ; 5: 47-57.
23. Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M., Abdely C. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *C R Biol* 2008 ; 331: 372- 9.
24. Seidel V. Initial and Bulk Extraction. In: Sarker S D, Latif Z and Gray A I. Natural products isolation. Totowa: Humana Press ; 2005, p:27-37.
25. Faleh E., Oliveira AP., Valentão P., Ferchichi A., Silva MS., Andrade PB. Influence of Tunisian *Ficus carica* fruit variability in phenolic profiles and *in vitro* radical scavenging potential. *Rev Bras Anestesiol* 2012; 22: 1282-9.
26. Nakilcioğlu E., Hışıl Y. Research on the phenolic compounds in sarilop (*Ficus carica* L.) fig variety. *GIDA* 2013; 38: 267-74.
27. Vuorela S. Analysis, isolation and bioactivities of rapeseed phenolics. Helsinki: University of Helsinki; 2005. p.76. <https://core.ac.uk/download/pdf/14916426.pdf>
28. Georgé S., Brat P., Alter P., Amiot M.J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant derived products. *J Agric Food Chem* 2005; 53: 1370-3.
29. Tsuchiya H., Sato M., Miyazaki T., Fujiwara S., Tanigaki S. Ohyama M., et al. Comparative study on the antibacterial activity of cariogenic bacteria *in vitro* by plant flavanones. *Experientia* 1996; 50: 846-9.
30. Rosselli S., Maggio A., Bellone G., Formisano C., Basile A., Cicala C., et al. Antibacterial and Anti-coagulant Activities of Coumarins Isolated from the Flowers of *Magydaris tomentosa*. *Planta Med* 2007 ; 72: 116-20.
31. Smyth T., Ramachandran VN., Smyth WF. A study of the antimicrobial activity of selected naturally occurring and synthetic coumarins. *Int J Antimicrob Agents* 2009; 33: 421-6.
32. Zao A., Wu S., Du G. Experiment study of antibacterial constituents of *Ficus carica* leaves. *Ziran Kexue Ban* 2005 ; 3: 37-40.
33. Dadi PK., Ahmad M., Ahmad Z. Inhibition of ATP ase Activity of *Escherichia coli* ATP synthase by polyphenols. *Int J Biol Macromol* 2009; 45: 9-72.