



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE FRERES MENTOURI CONSTANTINE 1

**INSTITUT DE LA NUTRITION, DE L'ALIMENTATION
ET DES TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES
I.N.A.T.A.A.**

N° d'ordre : 113/DS/2021

N° de série : 13/IN/2021

Thèse de Doctorat en Sciences
Spécialité : Sciences Alimentaires

Présentée par :

Farida KEHAL

**Savoirs traditionnels sur le séchage au soleil et la
préparation de confiture de figes et effets sur la
teneur, le profil, l'activité antioxydante et la
bioaccessibilité *in vitro* des composés phénoliques**

Soutenue le : 04 / 01 / 2022

Devant le Jury composé de :

Président(e) :	Karima KHARROUB	Prof.	Univer. Frères Mentouri Constantine 1
Rapporteur :	Malika BARKAT	Prof.	Univer. Frères Mentouri Constantine 1
Examineurs :	Hénia MOUSSER	Prof.	Ecole normale supérieure Assia Djaber Constantine
	Amirouche CHIKHOUNE	M.C.A.	Univer. Abderrahmane Mira de Béjaia
	Samir Borhane GRAMA	M.C.A.	Univer. Larbi Ben M'Hidi- Oum El Bouaghi
	Louiza HIMED	M.C.A.	Univer. Frères Mentouri Constantine 1

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier ma directrice de thèse **Pr Malika BARKAT**, pour m'avoir fait confiance et d'avoir cru en moi pour mener à bien ce projet de thèse. Je la remercie également pour la direction de ce travail, pour ses orientations tout au long des années de réalisation de cette thèse, pour sa disponibilité, son objectivité et sa rigueur scientifique.

Je tiens à remercier **Pr Esra CAPANOGLU** pour m'avoir accueillie gracieusement au sein des laboratoires du département de génie alimentaire de la faculté de génie chimique et métallurgique de l'université technique d'Istanbul, Turquie.

Mes remerciements vont aussi au **Pr Karima KHARROUB** de m'avoir accordée l'immense honneur de présider le jury de cette thèse et également aux **Pr Hénia MOUSSER**, **Dr Amirouche CHIKHOUNE**, **Dr Samir Borhane GRAMA** et **Dr Louiza HIMED** qui m'ont fait le grand honneur d'examiner et de juger ce travail.

Enfin, je suis très reconnaissante envers mon époux et collègue de travail **Dr CHEMACHE Loucif**, je le remercie pour son affection, son soutien, ses encouragements permanents et sa contribution scientifique précieuse qui m'ont aidée à la réalisation de cette thèse.

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des annexes	
Introduction.....	1
-Volet 1-	
Revue bibliographique	
1. Généralités sur la figue	4
1.1. Aspect botanique	4
1.2. Description du fruit.....	4
1.3. Types et variétés de figues	5
1.4. Composition chimique générale	8
1.5. Production de figues	9
1.6. Conservation et transformation des figues	9
2. Place des figues sèches et de confitures de figues traditionnelles parmi les produits de terroir	10
2.1. Concept de produit de terroir	10
2.2. Produits de terroir agricoles et agroalimentaires en Algérie.....	11
2.3. Figues sèches labélisées de Beni Maouche	12
3. Composés phénoliques des figues.....	12
3.1. Localisation	12
3.2. Principaux composés phénoliques des figues.....	14
3.2.1. Acides phénoliques	14
3.2.2. Flavonoïdes	16
3.3. Effets d'intérêt des composés phénoliques de la figue	18
3.3.1. Pouvoir antioxydant et /ou antiradicalaire.....	18
3.3.2. Autres propriétés des composés phénoliques de la figue	18
4. Bioaccessibilité des polyphénols.....	20
4.1. Concepts de biodisponibilité, bioaccessibilité et bioactivité	20
4.2. Principales méthodes d'étude de la bioaccessibilité.....	20
4.3. Bioaccessibilité des composés phénoliques	22
5. Synthèse de quelques travaux de recherche sur l'effet de procédés (séchage et confiture) sur les composés phénoliques de la figue, leur activité antioxydante et leur bioaccessibilité.....	23
5.1. Effet du séchage	23
5.2. Effet du procédé confiture.....	25

-Volet 2-

Enquête sur les procédés traditionnels (séchage au soleil et confiture de figues)

1. Méthodologie	28
1.1. But de l'enquête.....	28
1.2. Etendu de l'étude.....	28
1.3. Population enquêtée.....	29
1.4. Description du questionnaire.....	29
1.5. Principales contraintes rencontrées	30
1.6. Traitement des données et analyse statistique.....	30
2. Résultats et discussion.....	31
2.1. Renseignements sur les enquêtés et les principales caractéristiques des vergers de figuiers	31
2.1.1. Renseignements sur les enquêtés	31
2.1.2 Principales caractéristiques des vergers de figuiers	32
2.2. Renseignements sur le séchage traditionnel des figues	35
2.2.1. Population pratiquant le séchage traditionnel.....	35
2.2.2. Objectifs du séchage traditionnel.....	35
2.2.3. Variétés de figues les plus destinées au séchage	36
2.2.4. Prétraitement et étapes suivies au cours du séchage traditionnel de figues.....	37
2.2.4.1. Prétraitement.....	37
2.2.4.2. Opération du séchage.....	37
2.2.5. Bonnes pratiques du séchage	39
2.2.6. Contraintes rencontrées lors du séchage traditionnel.....	40
2.2.7. Conditionnement et stockage.....	40
2.2.8. Récapitulation des étapes du séchage traditionnel de figues	42
2.3. Renseignements sur le procédé confiture artisanale de figues.....	43
2.3.1. Population pratiquant la préparation artisanale de la confiture de figues	43
2.3.2. Objectifs de la préparation de la confiture.....	44
2.3.3. Sélection des figues destinées à la production de confiture	44
2.3.4. Prétraitements et ingrédients ajoutés.....	44
2.3.5. Opération de cuisson	45
2.3.6. Conditionnement et stockage.....	46
2.3.7. Récapitulation des étapes de préparation artisanale de la confiture de figues.....	47
2.3.8. Différence entre les confitures industrielle et artisanale	47
Conclusion.....	48

Volet 3-

Caractérisation physicochimique, détermination du profil phénolique et de l'activité antioxydante totale des figes fraîches et sèches et des confitures de figes

1. Matériel et méthodes	49
1.1. Matériel végétal.....	49
1.2. Méthodes.....	50
1.2.1. Procédé d'obtention des figes sèches et échantillonnage.....	50
1.2.2. Procédé d'obtention des confitures artisanales de figes et échantillonnage.....	52
1.2.3. Caractérisation physicochimique des figes fraîches et sèches et des confitures de figes.....	53
1.3.3.1. Teneur en humidité.....	53
1.3.3.2. pH et acidité titrable.....	53
1.3.3.3. Teneur en protéines.....	53
1.3.3.4. Teneur en sucres totaux.....	54
1.3.3.5. Degré Brix.....	55
1.3.3.6. Extraction et dosage des composés phénoliques.....	55
1.2.4. Détermination du profil phénolique.....	57
1.2.5. Détermination de la capacité antioxydante totale (TAC).....	57
1.2.5.1. Méthode de piégeage du radical ABTS+.....	58
1.2.5.2. Méthode de réduction du radical DPPH.....	59
1.2.5.3. Méthode de réduction du cuivre (CUPRAC).....	59
1.2.5.4. Méthode du pouvoir réducteur ferrique (FRAP).....	60
1.2.8. Analyse statistique.....	61
2. Résultats et discussions	62
2.1. Caractéristiques physicochimiques des figes fraîches et sèches et des confitures de figes.....	62
2.1.1. Teneur en humidité.....	62
2.1.2. pH et acidité titrable.....	64
2.1.3. Teneur en protéines.....	67
2.1.4. Sucres totaux.....	68
2.1.5. Degrés Brix.....	70
2.1.6. Composés phénoliques.....	70
2.1.6.1. Cas des figes fraîches.....	70
2.1.6.2. Cas des figes sèches.....	72
2.1.6.3. Cas des confitures préparées.....	72
2.1.7. Profils phénoliques.....	74
2.1.7.1. Profil en acides phénoliques.....	76
2.1.7.2. Profil en flavonoïdes totaux.....	82
2.2. Capacité antioxydante totale.....	90
Conclusion	94

-Volet 4-

Impact des procédés traditionnels (séchage et confiture de figes) sur les paramètres physicochimiques, l'évolution des composés phénoliques et l'activité antioxydante totale

Introduction	95
1. Matériel et méthodes.....	95
1.1. Impact du séchage traditionnel sur les caractères physicochimiques et sur l'évolution des composés phénoliques de figes et leur activité antioxydante.....	95
1.1.1. Echantillonnage.....	95
1.1.2. Détermination des propriétés physicochimiques	
1.1.3. Extraction et dosage des composés phénoliques	
1.1.4. Détermination de la capacité antioxydante totale	
1.2. Impact de la préparation de la confiture traditionnelle de figes sur les caractères physicochimiques, les composés phénoliques et l'activité antioxydante.....	96
1.2.1. Echantillonnage.....	96
1.2.2. Détermination des propriétés physicochimiques	96
1.2.3. Extraction et dosage des composés phénoliques	96
1.2.4. Détermination de la capacité antioxydante totale	96
1.3. Traitement des résultats et analyse statistique.....	97
2. Résultats et discussion.....	98
2.1. Impact du séchage traditionnel sur l'évolution des composés phénoliques de figes et l'activité antioxydante	98
2.1.1. Impact du séchage traditionnel sur les paramètres physicochimiques.....	98
2.1.2. Evolution des teneurs en composés phénoliques durant le séchage	100
2.1.2.1. Polyphénols totaux.....	102
2.1.2.2. Flavonoïdes totaux.....	103
2.1.2.3. Anthocyanines totales.....	104
2.1.3. Profils phénoliques	105
2.1.3.1. Acides phénoliques.....	106
2.1.3.2. Flavonoïdes.....	108
2.1.4. Capacité antioxydante totale (CAT).....	110
2.1.5. Corrélation entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante	113
2.2. Impact de la préparation de confiture traditionnelle sur les paramètres physicochimiques, les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante des figes	115
2.2.1. Impact sur les propriétés physicochimiques des figes.....	115
2.2.2. Teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et anthocyanines totales	116
2.2.3. Profils phénoliques	117
2.2.3.1. Acides phénoliques.....	118
2.2.3.2. Flavonoïdes.....	119
2.2.4. Capacité antioxydante totale (CAT).....	120

2.2.5. Corrélations entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante	121
Conclusion	122

-Volet 5-

Etude des effets "variétal" et "séchage solaire" sur les composés phénoliques et l'activité antioxydante de figes pendant la digestion gastro-intestinale *in vitro*

Introduction	124
1. Matériel et méthodes.....	124
1.1. Matériel végétal.....	124
1.2. Extraction des composés phénoliques	124
1.3. Digestion gastro-intestinale <i>in vitro</i>	125
1.3.1. Phase orale	125
1.3.2. Phase gastrique.....	125
1.3.3. Phase intestinale.....	126
1.4. Dosage des composés phénoliques totaux	126
1.5. Dosage des flavonoïdes.....	126
1.6. Dosage des proanthocyanidines	126
1.7. Evaluation de l'activité antioxydante	127
1.7.1. Pouvoir réducteur du fer.....	127
1.7.2. Test au DPPH.....	127
1.7.3. Test au phosphomolybdate	128
1.8. Analyse statistique.....	128
2. Résultats et discussion.....	129
2.1. Teneurs en composés phénoliques	129
2.1.1. Teneurs en polyphénols totaux	129
2.1.2. Teneurs en flavonoïdes totaux	133
2.1.3. Teneurs en proanthocyanidines.....	136
2.2. Activité antioxydante des extraits phénoliques.....	139
2.2.1. Pouvoir réducteur du fer.....	139
2.2.2. Activité antiradicalaire (DPPH).....	142
2.2.3. Test au phosphomolybdate	145
2.3. Relation entre les composés phénoliques des figes et leur activité antioxydante	146
Conclusion	151
Conclusion générale et perspectives.....	152
Références bibliographiques.....	154
Annexes	i
Résumés	

Liste des figures

Figure 1. Coupe d'une figue.....	5
Figure 2. Autofluorescence des tannins (vert) en épifluorescence (lumière bleue) dans la pellicule de raisin	13
Figure 3. Structure des acides phénoliques	15
Figure 4. Structure de base des flavonoïdes	16
Figure 5. Carte géographique indiquant les wilayas ciblées pour la réalisation de l'enquête. 28	
Figure 6. Photographie d'un verger de figuiers	34
Figure 7. Variétés de figues les plus destinées au séchage traditionnel.	36
Figure 8. Claies utilisées pour le séchage traditionnel des figues (A) Chaumes de diss (B) Cannes de bambou	38
Figure 9. Figues sèches conditionnées. (A) sachets, (B) Barquettes, (C) Pots en en plastique, (D) Boite en carton, (E) Sachet sous-vide, (F) Immersion dans l'huile d'olive.....	41
Figure 10. Conditionnement et stockage des figues sèches en vrac	42
Figure 11. Diagramme du séchage traditionnel de figues établi à partir de l'enquête réalisée43	
Figure 12. Diagramme de préparation artisanale de la confiture de figues établi à partir de l'enquête réalisée	47
Figure 13. Diagramme de séchage traditionnel des figues et points de prélèvements	51
Figure 14. Diagramme de préparation des confitures artisanales et points de prélèvements..	52
Figure 15. Formation et piégeage du radical ABTS ^{•+} par un antioxydant donneur de H [•]	58
Figure 16. Structure du DPPH et mécanisme de sa réduction par un antioxydant	59
Figure 17. Réduction du complexe chromogène de Cu ⁺² -Nc	60
Figure 18. Réaction de antioxydant avec le sel ferrique, Fe (III) (TPTZ) 2Cl ₃ (TPTZ) 2,4,6 tripyridyls-triazine	60
Figure 19. Teneurs en humidité des variétés des figues fraîches et sèches et des confitures de figue.....	64
Figure 20. pH des variétés des figues fraîches et sèches et des confitures de figues.....	65
Figure 21. Acidité titrable des variétés des figues fraîches et sèches et des confitures de figues	66
Figure 22. Teneurs en protéines des variétés des figues fraîches et sèches et des confitures de figues.....	68
Figure 23. Teneurs en sucres totaux des variétés des figues fraîches et sèches et des confitures de figues	69

Figure 24. Taux de Brix des confitures de figes	70
Figure 25. Chromatogrammes obtenus à 280 (A) et à 312 nm (B) des extraits des figes fraîches des variétés <i>Aberkane</i> , <i>Azanjar</i> et <i>Taamriwt</i>	77
Figure 26. Chromatogrammes obtenus à 280 (A) et à 312 nm (B) des extraits des figes sèches des variétés <i>Aberkane</i> , <i>Azanjar</i> et <i>Taamriwt</i>	79
Figure 27. Chromatogrammes obtenus à 280 (A) et à 312 nm (B) des extraits des confitures préparées à la base des variétés <i>Aberkane</i> et <i>Taamriwt</i>	81
Figure 28. Chromatogrammes obtenus à 360 (A) et à 520 nm (B) des extraits des figes fraîches des variétés <i>Aberkane</i> , <i>Azanjar</i> et <i>Taamriwt</i>	84
Figure 29. Chromatogrammes obtenus à 360 (A) et à 520 nm(B) des extraits des figes sèches des variétés <i>Aberkane</i> , <i>Azanjar</i> et <i>Taamriwt</i>	87
Figure 30. Chromatogrammes obtenus à 360 (A) et 520 nm (B) des extraits des confitures préparées à la base des variétés <i>Aberkane</i> et <i>Taamriwt</i>	89
Figure 31. Variation des teneurs en polyphénols totaux (A), flavonoïdes totaux (B) et anthocyanines totaux (C) en fonction de la durée de séchage.....	101
Figure 32. Variation de la capacité antioxydante totale évaluée par les méthodes ABTS (A), DPPH (B), CUPRAC (C) et FRAP (D) en fonction de la durée de séchage	111
Figure 33. Teneurs moyennes en polyphénols totaux des figes fraîches et sèches pendant les différentes phases de la digestion gastro- intestinale <i>in vitro</i> . Effet variétal (A), phase de la digestion gastro intestinale <i>in vitro</i> (B) et du séchage solaire (C).....	132
Figure 34. Teneurs moyennes en flavonoïdes totaux des figes fraîches et sèches pendant les différentes phases de la digestion gastro intestinale <i>in vitro</i> . Effet variétal (A), effet de la digestion gastro intestinale <i>in vitro</i> (B) effet du séchage solaire (C) (AD : avant digestion, PO : phase orale, PG : phase gastrique, PI : phase intestinale)	134
Figure 35. Effet variétal (A), de la digestion gastro intestinale <i>in vitro</i> (B) et du séchage solaire (C) sur la teneur en proanthocyanidines des figes fraîches et sèches pendant les différentes phases de la digestion gastro intestinale <i>in vitro</i> . (AD : avant digestion, PO : phase orale, PG : phase gastrique, PI : phase intestinale).....	137
Figure 36. Cercle de corrélations entre les paramètres caractérisant les variétés de figes fraîches et sèches et leur composition en composés phénoliques et activité antioxydante (A). Biplot de la variabilité des variétés de figes fraîches et sèches (B). Dendrogramme de la relation hiérarchique entre les variétés fraîches et sèches (C).....	147

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification botanique de figue	4
Tableau 2. Liste des variétés de figuiers algériennes.....	7
Tableau 3. Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels.....	8
Tableau 4. Liste des pays producteurs des figues.....	9
Tableau 5. Liste des acides phénoliques détectés dans les figues	15
Tableau 6. Liste des flavonoïdes détectés dans les figues	17
Tableau 7. Quelques propriétés médicinales des figues	19
Tableau 8. Modèles de digestion gastro-intestinale <i>in vitro</i> statiques et dynamiques	22
Tableau 9. Caractéristiques sociodémographiques des sujets interrogés.....	31
Tableau 10. Appellations vernaculaires locales de figues dans les wilayas de Jijel, Skikda et Bejaia	32
Tableau 11. Caractéristiques morphologiques des figues des variétés sélectionnées	50
Tableau 12. Teneurs en composés phénoliques des figues fraîches et sèches et des confitures de figues	73
Tableau 13. Teneurs en composés phénoliques des figues fraîches, sèches et des confitures (mg/100 g M.S.).....	75
Tableau 14. Capacité antioxydante totale des variétés des figues fraîches, des figues sèches et des confitures de figues	93
Tableau 15. Taux de variation en pourcentage de quelques paramètres physicochimiques des variétés des figues après le séchage	98
Tableau 16. Taux de variations des composés phénoliques (PT, FT et AT) des variétés de figues après séchage au soleil.....	102
Tableau 17. Taux de variation des composés phénoliques des variétés après séchage	106
Tableau 18. Taux de variation de l'activité antioxydante (ABTS, DPPH, CUPRAC et FRAP) des variétés de figues après séchage	112
Tableau 19. Matrice de corrélation entre les composés phénoliques et la capacité antioxydante totale	114
Tableau 20. Taux de variation de quelques paramètres physicochimiques des confitures de figues par rapport aux figues fraîches	115
Tableau 21. Teneurs en composés phénoliques des confitures préparées et taux de leur variation par rapport aux figues fraîches.....	116

Tableau 22. Profils phénoliques des confitures préparées et leurs taux de variation par rapport aux figes fraîches	117
Tableau 23. Valeurs de l'activité antioxydante des confitures traditionnelles préparées et leurs taux de variation par rapport aux figes fraîches	121
Tableau 24. Corrélations entre les composés phénoliques et l'activité antioxydante des confitures des figes	122
Tableau 25. Composition des liquides de la digestion (orale, gastrique et intestinale)	125
Tableau 26. Activités antioxydantes des extraits phénoliques de figes fraîches et sèches pendant la digestion gastro-intestinale <i>in vitro</i>	141
Tableau 27. Matrice de corrélations entre les teneurs en composés phénoliques et leurs activités antioxydantes	150

Liste des abréviations

ABTS :	2,2'-Azinobis-(3-ethylBenzoThiazole-6-Sulphonate)
ACP :	Analyse en Composantes Principales
AD :	Avant Digestion
ANOVA :	ANalysis Of VAriance
AOP :	Appellation d'Origine Protégée
APHM :	Activité au PHosphoMolybdate
AT :	Anthocyanines Totales
BHT :	Butyl Hydroxy Toluène
BSA :	Sérum Albumine Bovine
CAT :	Capacité Antioxydante Totale
CUPRAC :	CUPric ion-Reducing Antioxidant Capacity
DGI/V :	Digestion Gastro-Intestinale <i>In Vitro</i>
DPPH :	2,2'-DiPhenyle-1-Picryl Hydrazyl
DSA :	Direction des Services Agricoles
EAA :	Equivalent Acide
EAG :	Equivalent Acide Gallique
EC :	Equivalent Ccyanidine
EC-3-G :	Equivalent Cyanidine-3-Glucoside
EQ :	Equivalent Quercétine
ET :	Equivalent Trolox
FAO:	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FRAP :	Ferric Reducing Antioxidant Power
FT :	Flavonoïdes Totaux
HPLC-PDA :	High Performance Liquid Chromatography combined with PhotoDiode Array detector
IG:	Indication Géographique
IGP :	Indication Géographique Protégée
M.S. :	Matière Sèche
PG	Phase Gastrique
PHM :	PHosphoMolybdate
PI :	Phase Intestinale
PO :	Phase Orale
PPO :	PolyPhénolOxydase
PR :	PROanthocyanidine
PRF:	Pouvoir Réducteur de Fer
PT :	Polyphénols Totaux
STG :	Spécialité Traditionnelle Garantie
TFA :	TriFluoroAcétique
TR :	Temps de Rétention
TROLOX :	Acide 3,4-dihydro-6-hydroxy-2,5,7,8-tétraméthyl-2H-1-benzopyran-2-carboxylique
UNESCO :	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
Var. :	Variété

Liste des annexes

Annexe 1. Questionnaire sur le séchage traditionnel des figes et la préparation traditionnelle de leurs confitures	i
Annexe 2. Solutions utilisées pour le dosage des protéines par la méthode de Lowry <i>et al.</i> , (1951)	v
Annexe 3. Courbe d'étalonnage des protéines	v
Annexe 4. Courbe d'étalonnage des sucres totaux	v
Annexe 5. Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux	vi
Annexe 6. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes totaux	vi
Annexe 7. Courbe d'étalonnage de l'activité antiradicalaire (ABTS)	vi
Annexe 8. Courbe d'étalonnage de l'activité antiradicalaire (DPPH)	vii
Annexe 9. Courbe d'étalonnage de CUPRAC	vii
Annexe 10. Courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur de fer (FRAP)	vii
Annexe 11. Structures des acides phénoliques détectés dans les figes fraîches, sèches et confitures des figes	viii
Annexe 12. Structure des flavonoïdes détectés dans les figes fraîches, sèches et confitures des figes	ix
Annexe 13. Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux	x
Annexe 14. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes totaux	x
Annexe 15. Courbe d'étalonnage de pouvoir réducteur de fer (PRF)	x
Annexe 16. Courbe d'étalonnage de l'activité antiradicalaire (DPPH)	xi
Annexe 17. Courbe d'étalonnage de phosphomolybdate	xi

Liste des productions scientifiques

Publication internationale

- **KEHAL F.**, CHEMACHE L., CHAALAL M., BENBRAHAM M., CAPANOGLU I., BARKAT M., 2021. A comparative analysis of different varietal of fresh and dried figs by *in vitro* bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activities. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: FOOD TECHNOLOGY*, 25(1), 15-30.

Communications nationales et internationales

- **KEHAL F.**, CHEMACHE L., BARKAT M., 2014. Enquête sur le séchage traditionnel des figes dans la région de Kabylie. Séminaire international des sciences alimentaires (SISA), 14 - 16 Octobre 2014, Université frères Mentouri Constantine 1, INATAA.
- **KEHAL F.**, CHEMACHE L., GRINI I., BOUHICHA S., BARKAT M., 2017. Effet de la transformation des figes sur les composés phénoliques. 3^{ème} Congrès International Ci-SAN, 28 -30 Novembre 2017, Université frères Mentouri Constantine 1.
- **KEHAL F.**, CHEMACHE L., BENYOUB S., BOUSSAHA T., BARKAT M., 2018. Impact du procédé traditionnel de fabrication de confiture de figue (variété *Averkane*) sur les composés phénoliques et les caractères sensoriels. Séminaire international des sciences alimentaires (SISA), 15-16 Octobre 2018, Université frères Mentouri Constantine 1, INATAA.
- **KEHAL F.**, CHEMACHE L., BENYOUB S., BOUSSAHA T BARKAT M., 2019. Effet du procédé traditionnel de fabrication confiture de figue (variétés *Taamriwth* et *Averkane*) sur les composés phénoliques et les caractères sensoriels. 1er séminaire national sur la figuiculture, 1-2 Octobre 1019, Béni Maouche, Béjaia.
- CHEMACHE L., **KEHAL F.**, BARKAT M., 2021. Effet de séchage solaire sur les comopsés phénoliques et l'activité antioxydante des tyrois variétés de figes *Aberkane*, *Azanjar* et *Taamriwt* .Séminaire National Bio-ressources : Nutrition, Santé et Environnement les 17-18 Mai 2021, Université Mohammed Boudiaf- M'sila.

Introduction

La figue (*Ficus carica* L.) est un fruit délicieux et nutritif. Il existe plus de 800 variétés des figues, cultivées principalement dans des climats chauds et secs, tels que le climat du Moyen-Orient et de la région de la Méditerranée (Harzallah *et al.*, 2016). Les figues sont une source très importante de nutriments et de composés antioxydants principalement les composés phénoliques, les acides organiques, la vitamine E et les caroténoïdes (Arvaniti *et al.*, 2019).

Dans le monde, 1 051 795 tonnes de figues sont produites par an. L'Algérie occupe la troisième place avec une production de 131 798 tonnes en 2016 (FAOSTAT, 2016). La plupart des figuiers productifs en Algérie sont concentrés dans les deux wilayas, Tizi-Ouzou et Bejaia surtout dans la commune de Beni Maouche. Trois variétés des figues nommées localement à Beni Maouche : *Aberkane*, *Azanjar* et *Taamriwt* ont reçu le label Indication Géographique (label/IG) en 2016 sous la dénomination « Figue sèche de Beni Maouche » (JORA, 2016) .

La figue fraîche est un fruit climactérique très périssable ce qui limite sa disponibilité. Le séchage des figues fraîches et leur transformation en confiture sont les deux procédés adoptés en Algérie pour contourner la surproduction saisonnière et diversifier les dérivés des figues. Malgré l'industrialisation de la fabrication de confiture à base de figues, sa préparation artisanale demeure jusqu'à présent pratiquée dans quelques régions. Par contre, le séchage des figues fraîches n'est pas encore industrialisé et la méthode traditionnelle par exposition au soleil reste le seul procédé suivi en Algérie pour la production des figues sèches.

Selon la littérature, les traitements thermiques appliqués sur les fruits entraînent des modifications qualitatives et quantitatives des propriétés physicochimiques de la matrice végétale (Rababah *et al.*, 2011 ; Kamiloglu *et al.*, 2016 ; Çoklar et Akbulut, 2017). Les composés phénoliques sont des substances sensibles, ils subissent des changements dans leur structure pendant la transformation des fruits en modifiant leur teneur et leur propriété antioxydante. Dans l'étude de Zoubiri *et al.* (2019) sur l'effet du séchage solaire et la préparation de confiture sur les composés phénoliques des raisins, il a été rapporté que les deux procédés traditionnels ont conduit à des pertes considérables de certains composés phénoliques et de leur activité antioxydante. Cependant, une augmentation de la teneur d'autres acides phénoliques a également été observée après le traitement.

Le séchage au soleil semble avoir un effet négatif sur les propriétés physiques, sensorielles, nutritionnelles et microbiologiques des figues. Dans ce contexte, Yemis *et al.* (2012) ;

Kamiloglu et Capanoglu (2015) et Bachir Bey *et al.* (2016) ont rapporté que le processus de séchage affecte négativement le contenu en composés phénoliques. En parallèle, plusieurs études contradictoires ont montré l'augmentation de ces composés dans les figes sèches par rapport aux figes fraîches (Slatnar *et al.*, 2011 ; Nakilcioglu et Hisil, 2013 et Konak *et al.*, 2017). Quant à la transformation des figes en confiture, il existe peu de travaux qui se sont intéressés à l'effet de ce procédé sur les propriétés physicochimiques et l'activité antioxydante des figes (Rababah *et al.*, 2011 ; Tanwar *et al.*, 2014 et Petkova *et al.*, 2019). En Algérie et à nos connaissances aucune étude n'a été menée sur ce sujet.

Dernièrement, plus d'attention a été accordée à la biodisponibilité des polyphénols. Vu que les études sur l'être humain prennent beaucoup de temps, coutent trop cher et sont limitées par des considérations éthiques, des modèles *in vitro* ont été développés dans le but d'étudier les effets de la digestion. Ces modèles ont été utilisés pour prédire la libération de polyphénols de la matrice alimentaire et pour évaluer les changements de leurs profils avant l'absorption (Kamiloglu, 2016).

Ces méthodes *in vitro* ont été développées comme une approche alternative aux études *in vivo* et sont considérées comme des outils simples. Elles ont l'avantage d'être plus rapides, moins coûteuses, moins exigeantes en main-d'œuvre et n'ont pas de restrictions éthiques (Minekus *et al.*, 2014). Il existe des études sur l'effet de la digestion *in vitro* sur les polyphénols alimentaires dans des fruits tels que les pommes (Bouayed *et al.*, 2011), les fraises (Granese *et al.*, 2014), les raisins (Gullon *et al.*, 2015), la grenade (Corrêa *et al.*, 2017), les figes de barbarie (Ydjedd *et al.*, 2017) et la caroube (Chaalal *et al.*, 2018). Cependant, aucune étude n'a été faite sur l'effet de la digestion *in vitro* sur les composés phénoliques des figes fraîches et sèches Algériennes. Seule l'étude de Kamiloglu et Capanoglu (2013) qui s'est intéressée à ce sujet sur les figes Turques.

C'est dans cette optique que s'insère ce travail de thèse de doctorat dont les objectifs visés sont les suivants :

- La collecte des données détaillées sur le savoir faire des deux procédés traditionnels (séchage au soleil et confiture de figes) à partir d'une enquête.
- La caractérisation physicochimique des figes fraîches, sèches et de confitures des figes et l'étude de leur activité antioxydante.
- L'étude de l'impact du séchage traditionnel de figes et de la préparation artisanale de la confiture de figes sur les caractères physicochimiques, les teneurs en composés

phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et anthocyanines totaux), leurs profils et sur leur activité antioxydante par rapport aux figues fraîches ;

- L'étude de l'effet variétal et du séchage par exposition au soleil sur la bioaccessibilité des composés phénoliques (phénols totaux, flavonoïdes totaux et proanthocyanidines) et leur activité antioxydante au cours de la digestion gastro-intestinale *in vitro* de trois variétés de figues fraîches et séchées algériennes (*Aberkane*, *Azandjar* et *Taamriwt*).

Ce manuscrit de thèse est présenté en cinq volets principaux encadrés par une introduction et une conclusion générale :

Le premier volet de ce manuscrit est une mise au point bibliographique sur la figue. Après avoir rappelé quelques généralités sur l'aspect botanique, les types et les variétés, la composition chimique, la production, la conservation et la transformation, nous détaillerons plus les composés phénoliques des figues. Enfin, nous présenterons une synthèse de quelques travaux de recherche sur l'effet du séchage et du procédé confiture sur les composés phénoliques de la figue, leur activité antioxydante et leur bioaccessibilité.

Le deuxième volet est une approche qualitative dédiée à une enquête sur le séchage traditionnel des figues et la préparation artisanale de la confiture de figues.

Le troisième volet est consacré à la caractérisation physicochimique et la détermination du profil phénolique ainsi que l'activité antioxydante totale des figues fraîches et sèches et des confitures de figues.

Le quatrième volet est réservé à l'étude de l'impact de procédés traditionnels (séchage et confiture de figues) sur les caractères physicochimiques, l'évolution des composés phénoliques et l'activité antioxydante totale.

Le dernier volet consiste en une étude des effets "variétal" et "séchage au soleil" sur les composés phénoliques et l'activité antioxydante des figues pendant la digestion gastro-intestinale *in vitro*.

-Volet 1-

Revue bibliographique

1. Généralités sur la figue

1.1. Aspect botanique

Le figuier est un arbre de 4 à 10 m de hauteur. Cet arbre est de forte capacité de régénération végétative et de forte productivité (Tonelli *et al.*, 2013). Le figuier est monoïque et caducifolié, appartenant à la famille des Moracées et au genre *Ficus* (Storey, 1975) (Tableau 1). Ce genre comprend environ 700 espèces qui sont toutes reconnaissables par la présence d'une figue ou sycone. La seule espèce cultivée pour ses fruits comestibles est *Ficus Carica*, cette espèce est dioïque, c'est-à-dire, les fleurs unisexuées mâles et les fleurs unisexuées femelles sont portées par deux arbres différents.

Tableau 1. Classification botanique de figue (Gaussen *et al.*, 1982)

Règne	Végétal
Embranchement	Phanérogames
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Hamamélidées
Série	Apétales unisexuées
Ordre	Urticales
Famille	Moracées
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica</i> L.

Selon le nombre de production par an, les figues peuvent être distinguées en deux types, les figues unifères qui ne produisent que les figues d'automne et les figues bifères qui donnent deux productions par an (Oukabli, 2003) : les figues de première récolte ou figues à fleurs (*El bakkor*) et les figues de deuxième récolte ou figues d'automne (Vidaud, 1997). Les figues à fleurs sont formées sur les rameaux défeuillés de l'année précédente. Elles passent l'hiver au stade 'grain de poivre' pour reprendre leur développement au printemps (Oukabli, 2003).

1.2. Description de fruit

La figue n'est pas un vrai fruit, mais le réceptacle charnu (le synconium) contient des nombreuses graines (akènes) représentant techniquement les petits fruits (Haesslein et Oreiller, 2008 ; Lansky et Paavilainen, 2011). Lorsque la fécondation se fait, le réceptacle gonfle et les fleurs deviennent les petites graines qui forment le fruit. La figue est composée

d'une pellicule (peau ou épiderme), d'une pulpe composée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), d'un ostiole (œil ou opercule) et d'un pédoncule (Figure 1). La peau de la figue est fine, tendre, de couleur pouvant être blanchâtre, pale, jaune, rose, rouge ou pourpre selon la variété. A maturité, la figue est un fruit sucré, doux et juteux (Lansky *et al.*, 2008).

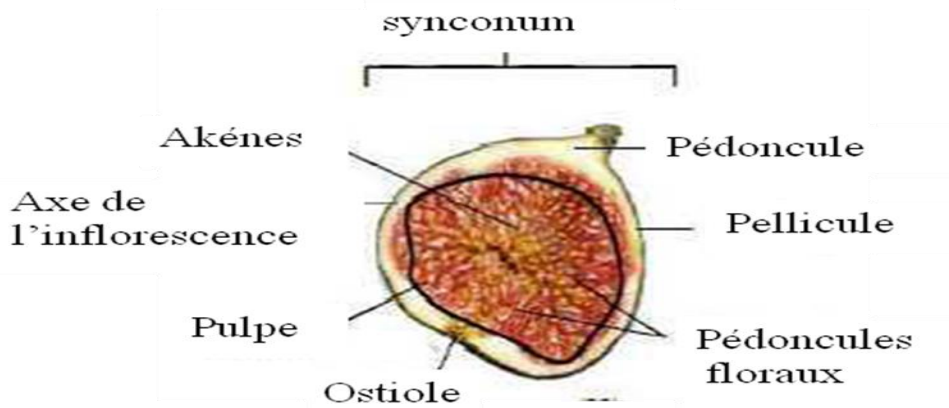


Figure 1. Coupe d'une figue (Haesslein *et al.*, 2008)

1.3. Types et variétés de figues

Selon la nature des fleurs et la méthode de pollinisation, quatre types de figues peuvent se distinguer : figue Comun, figue de Capri, figue de Smyrne et figue de San Pedro (Condit, 1955 ; Flaishman *et al.*, 2008 et Singh *et al.*, 2015).

Dans le type figue de Comun, les fleurs individuelles sont pistillées et les fruits se développent sans stimulation de pollinisation et de fertilisation. Les figues de Capri sont les plus primitives avec des fleurs pistillées de style court et des fleurs à des étamines fonctionnelles. La plupart des caprifigues (figues sauvages) ne sont pas comestibles mais elles sont cultivées parce qu'ils abritent le blastophage (insecte assurant la pollinisation des figuiers) qui est nécessaire pour la pollinisation et la nouaison des fruits. Les figues de Smyrnene se développent que si les fleurs sont pollinisées avec du pollen transporté des fleurs mâles du caprifigue par les blastophage. Calimyrna est le cultivar de type Symrna le plus répandu et largement cultivé. Le type de San Pedro est un type intermédiaire dans lequel la première culture est connue sous le nom de «breba». La récolte est complètement parthénocarpique et ne nécessite pas de pollinisation et de fertilisation des fleurs, mais la seconde culture ne se développe que si les fleurs sont pollinisées comme dans le cas du type Smyrna. San Pedro, King et Gentile sont des cultivars courants de ce type (Condit, 1955 ; Flaishman *et al.*, 2008 ; Singh *et al.*, 2015).

Les variétés cultivées en Algérie sont du type Comun (*Abakor, Azaich, Verdale blanche, Kadota, Chetoui*), du type Caprifiguiier (*Amellal, Tit N'Tsekourt, Abetroune, Adras Violet, Azaim, Medloubet*) et du type Smyrna (*Alekake, Amesas, Tabelout, Tadefouit, Taamriwt, Taranimt, Abougandjour, Adjaffar, Averane, Avouzegar, Azendjer*).

En 2004, l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA) recense 43 variétés des figuiers dont 14 caprifiguiers (figes sauvages) et 29 variétés comestibles réparties sur le territoire algérien (Tableau 2). Ces dernières années, l'Algérie a introduit une quarantaine de variétés étrangères et l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAFV) de Boufarik détient une collection de 55 variétés communes, parmi lesquelles 17 sont locales et 38 sont étrangères. Paradoxalement, 8 variétés locales, 14 variétés étrangères et un caprifiguiier uniquement sont officiellement enregistrés autorisés à la mise en marché et cultivés (Journal officiel n°7 du 28 janvier 2009). Néanmoins, ces chiffres sont à prendre avec précaution, car les ressources génétiques du figuier sont confrontées à l'érosion génétique et à la confusion dans leurs appellations, d'autant plus que la collaboration et la diffusion de l'information entre les différents opérateurs est quasi-inexistante (Benttayeb, 2018).

Tableau 2. Liste des variétés de figuiers algériennes (Feliachi, 2006)

Caprifiguiers	Figuiers
<i>Abetroune</i>	<i>Abakor</i> : bifère consommée en frais
<i>Adras Blanc</i>	<i>Abiarous</i>
<i>Adras Violet</i>	<i>Aboucherchaoui</i> ou <i>Tabouyahboul</i>
<i>Akoran</i> ou <i>Dokkar tardif</i>	<i>Abougandjour</i>
<i>Ammellal</i>	<i>Adjaffar</i>
<i>Arzagane</i> ou <i>Amerzagou</i>	<i>Agourzguilef</i> : une bonne variété pour le séchage
<i>Averane</i>	<i>Agoussim</i>
<i>Azaïm</i> ou <i>Ouzidane</i>	<i>Alekake</i> : un des meilleurs fruits de table, bon en sec
<i>Azigzaou</i>	<i>Amesas E.A.</i>
<i>Beurzel</i> ou <i>Azigzaou</i>	<i>Amesas E.P.</i>
<i>Illoul</i>	<i>Aranim-Aberkane</i> : excellent fruit en frais, peau dure après séchage
<i>Madel</i>	<i>Aranim-Amellal</i> : excellent fruit en frais, peau dure après séchage
<i>Taranimt</i>	<i>Averane</i> ou <i>Aberakmouch</i>
<i>Tit en Tsekourt</i>	<i>Avouzegar</i> : bonne en frais et en sec
	<i>Azaich</i> : assez bonne qualité en sec et en frais
	<i>Azendjar</i> : excellent fruit frais, et très bon fruit sec
	<i>Bouankirk AbouchTakli</i> ou <i>Bazoul El Hadem</i> , non destinée au séchage
	<i>Dottato</i> : origine italienne
	<i>Smyrne</i> : origine turque
	<i>Tabelout</i> : fruit assez bon en frais et en sec
	<i>Tabelout</i> : à gros fruits, assez bon fruit en frais, belle apparence en sec
	<i>Tadefouit</i> : très bon fruit en frais, bon en sec
	<i>Taharit</i> : assez bonne en frais, mais de seconde qualité en sec
	<i>Taklit</i>
	<i>Takourchit</i>
	<i>Tameriout</i> ou <i>Taamrouth</i> : plus fréquente en Kabylie, très bonne en frais et excellente en sec
	<i>Taranimt</i> ou <i>Tagaouaout</i> : fruit très sucré, parfumé
	<i>Taroumant</i>
	<i>Tazarift</i> : fruit apprécié à cause de sa saveur.

1.4. Composition chimique générale

Les figues fraîches et sèches sont une source d'oligo-éléments (fer, calcium et potassium) et de vitamines (thiamine et riboflavine), elles contiennent plus de 17 types d'acides aminés (Solomon *et al.*, 2006; Ouchemoukh *et al.*, 2012; Viuda-Martos *et al.*, 2015). Les figues sont dépourvues de sodium, de lipides et de cholestérol, alors qu'elles sont riches en fibres et en composés antioxydants (Solomon *et al.*, 2006; Veberic *et al.*, 2008; Viuda-Martos *et al.*, 2015). La valeur nutritionnelle des figues fraîches et sèches est résumée dans le tableau 3. Les antioxydants naturels tels que les composés phénoliques, les acides organiques, la vitamine E et les caroténoïdes sont présents dans les figues. Ces composés peuvent inhiber la formation de radicaux libres. Parmi eux, les composés phénoliques sont les plus populaires en raison de leur capacité antioxydante, alors qu'il existe également des composants majeurs responsables de la couleur, de la saveur et de l'arôme (Gharras, 2009; Shahidi et Ambigaipalan, 2015 ; Chang *et al.*, 2016).

Tableau 3. Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (USDA, 2020)

Constituants	Figue fraîche (100 g)	Figue sèche (100 g)
Apport énergétique (Kcal)	74	249
Eau (g)	79,1	30,05
Glucides (g)	16,29	47,92
Protéines (g)	0,75	3,3
Lipides totaux (g)	0,3	0,93
Acides gras saturés saturée (g)	0,06	0,93
Cholestérol (mg)	0,00	0,00
Fibres alimentaires (g)	2,9	9,8
Potassium (mg)	232	680
Phosphore (mg)	14	67
Calcium (mg)	35	162
Magnésium (mg)	17	68
Sodium (mg)	1	10
Fer (mg)	0,37	2,03
Zinc (mg)	0,15	0,55
Vitamine C(mg)	2	1,2
Vitamine A (IU)	142	10
Vitamine E (mg)	0,11	0,35
Thiamine (mg)	0,06	0,085
Riboflavine (mg)	0,05	0,082

1.5. Production de figues

Dans le monde, 1 051 795 tonnes de figues sont produites par an. La Turquie est le plus grand producteur de figues au monde avec 305 450 tonnes de volume de production par an. L'Égypte arrive en deuxième position avec 167 622 tonnes de production annuelle. L'Algérie occupe la troisième place avec une production de 131 798 tonnes (Tableau 4) (FAOSTAT, 2016). Les statistiques sur la production de figues en Algérie entre 2015 et 2017 ont montré que la production de la campagne agricole 2016/2017 a augmenté de 7% par rapport à la campagne antérieure (Statistitca, 2019).

Tableau 4. Liste des pays producteurs des figues (FAOSTAT, 2016)

Pays	Production (tonnes)
Turquie	305450
Egypte	167622
Algérie	131798
Iran	70178
Maroc	59881

Les figuiers se localisent essentiellement dans les wilayas de Béjaïa, Tizi Ouzou et Sétif qui regroupent près de 78 % des plantations et assurent près de 63 % de la production (Bourayou *et al.*, 2005). La plupart des figuiers productifs en Algérie sont concentrés dans les deux wilayas, Tizi-Ouzou et Bejaia surtout dans la commune de Beni Maouche. Selon la direction de service agricole (DSA) de la wilaya de Bejaia, la production totale des figues sèches de la wilaya de Bejaia est de 22285,85 qx en 2020.

1.6. Conservation et transformation des figues

Les figues se consomment à l'état frais mais à cause de la fragilité de leur épiderme et de leur teneur élevée en eau, la durée de leur conservation est très limitée. Ce fruit peut être transformé en confiture, marmelade et en pâte. Dans les marchés, différents produits alimentaires à base de figues sont disponibles principalement les figues au sirop, jus de figues, confiture, marmelade, vinaigre de figues, figues glacées et pâte de figues enrobée de chocolat (Muredzi, 2013 ; Benettayeb, 2018). Pour prolonger la durée de conservation des figues, le séchage reste le procédé le plus utilisé. L'objectif de séchage est de réduire l'humidité du fruit. Le séchage solaire des figues est la méthode de séchage la plus pratiquée (Slatnar *et al.*, 2011 ; Alasalvar et Shahidi, 2013 ; Muredzi, 2013 ; Kamiloglu et Capanoglu, 2015; Bachir

Bey *et al.*, 2016). Le séchage au soleil est pratiqué depuis des temps immémoriaux pour sécher les plantes, les graines, les fruits, la viande et le poisson comme moyen de préservation (Imre, 2020). Les figues séchées sont une excellente source de fibres, de minéraux et de certains composés phytochimiques qui possèdent de forte activité antioxydante. Les figues séchées conservent la valeur nutritionnelle des figues fraîches en préservant leurs composants bioactifs (Alasalvar, 2013). Les figues et les extraits de figues sont utilisés à des fins médicinales. Les laboratoires pharmacologiques sont toujours en quête de composés phytochimiques à base de figuier en vue d'élaborer des produits phytothérapeutiques et cosmétiques innovants et concurrentiels (Muredzi, 2013 ; Benettayeb, 2018).

2. Place des figues sèches et de confitures des figues traditionnelles parmi les produits de terroir

2.1. Concept de produit de terroir

L'Algérie est l'un des pays où la notion du terroir et l'aire d'origine est encore à ses débuts (Lamani, 2014). Selon l'UNESCO (2005), « un terroir est un espace géographique délimité, défini à partir d'une communauté humaine qui construit au cours de son histoire un ensemble de traits culturels distinctifs, de savoirs et de pratiques, fondés sur un système d'interactions entre le milieu naturel et les facteurs humains. Les savoir-faire mis en jeu révèlent une originalité, confèrent une typicité et permettent une renaissance pour les produits ou services originaires de cet espace et donc pour les hommes qui y vivent. Les terroirs sont des espaces vivants et innovants qui ne peuvent être assimilés à la seule tradition » (Casabianca *et al.*, 2006; Lamani, 2014).

Selon Lagrange et Trongon (1995), les produits de terroir regroupent tous les produits alimentaires transformés ou non, portant un signe de qualité ou non, ayant un lien avec le terroir tangible ou non, déclinant une identité. Bérard et Marchenay (2000) rapportent «les produits du terroir croisent l'espace, le temps et reposent sur des savoirs et des pratiques partagés, ils se situent en un lieu et ont une histoire. En d'autres termes, ces produits s'inscrivent de façon plus ou moins marquées dans une culture ».

La FAO définit les produits du terroir comme suit : les produits du terroir sont des produits différenciés ou différenciables sur la base de leur identité locale ou typicité : leur identification travers d'une indication géographique (IG) se justifie par le contexte local particulier dont ils sont issus et qui leur confère, aux yeux du consommateur, une particularité, une qualité ou une réputation spécifiques».

Il existe trois différents sigles, permettant de reconnaître les différentes sortes de produits de terroir (Steinmetz, 2013) :

- L'AOP (Appellation d'origine protégée), signalisation la plus restrictive dont le principe est de protéger un produit non reproductible par d'autres terroirs : la production du produit doit se faire entièrement au sein de la région, la matière première doit être d'origine.
- L'IGP (Indication géographique protégée), moins restrictive, qui n'oblige pas les produits de terroir à être créés à base de matière première de la région.
- La STG (Spécialité traditionnelle garantie), qui a pour finalité de protéger une tradition. Un aspect de ce produit doit donc le différencier des denrées semblables. La signalisation de la provenance du produit n'est pas nécessaire.

2.2. Produits de terroir agricoles et agroalimentaires en Algérie

Les produits agricoles de terroir marqués par les caractéristiques géographiques particulières d'une région, d'un savoir-faire traditionnel des hommes ou des femmes, sont le fruit d'une interaction entre les savoir-faire locaux et les ressources naturelles particulières. Parmi les produits «spécifiques», on note essentiellement les produits végétaux typiquement méditerranéens comme le vin de cépage, les raisins de table, l'olive de bouche et l'huile d'olive, les fruits et légumes (tomate, pomme de terre primeurs et extra-primeurs, abricot, pomme, grenade, figue sèche, etc.) et enfin les produits de cueillette comme les plantes aromatiques et médicinales (thym, coriandre, jasmin, orange amère, géranium, sauge bleue, câpre, menthe, lavande sauvage, etc.) (Sahli, 2009 ; Ouabbas et Akil, 2019).

Dans le secteur agroalimentaire, on voit apparaître peu à peu de nouveaux signaux et de nouveaux acteurs travaillant dans le sens de la construction d'une démarche commerciale qui peut vite aboutir à une démarche de construction de la qualité des produits vendus.

On voit apparaître des produits qui sont fortement appréciés par les consommateurs citadins comme l'huile d'olive et les figues sèches de Kabylie, le miel de montagne « multiflore », le pain «*Metloû*» (galette maison), la «*Rechta*» (pâtes traditionnelles des régions de Constantine et d'Alger faites à la main), le son et les germes de blé, le «*Hermes*» ou «*Fermes*» (abricot séché), le «*Klil*» (fromage de brebis) (Sahli, 2009).

2.3. Figues sèches labélisées de Beni Maouche

La culture des figues représente une part importante dans l'activité agricole de la région de Beni Maouche dont la superficie en figuiers occupée est de 1006 ha et le nombre total de figuiers est de 138 400 (DSA de Bejaia, 2018). La culture de figuiers dans la région de Beni Maouche est très ancienne. Elle est héritée d'une génération à une autre ce qui a permis de garder le savoir-faire de l'activité. Cette dernière a connu une évolution très importante dans un passé récent et la région est connue par la qualité de sa figue sèche (Labtani et Tadjine, 2018).

Selon l'arrêté du 20 Dhou El Hidja 1437 correspondant au 22 septembre 2016 portant attribution du signe distinctif de reconnaissance de la qualité du produit agricole en indication géographique de la « Figue sèche de Béni Maouche » publiée dans le journal officiel, les trois variétés des figues *Aberkane*, *Azanjar* et *Taamriwt*, séchées ont obtenu le label IG (Indication géographique) sous la dénomination « Figue sèche de Beni Maouche ». Cette indication est un signe de qualité mis en place dans le cadre du dispositif de reconnaissance de la qualité des produits agricoles et agroalimentaires. Le périmètre de l'IG regroupe la commune de Béni Maouche et plusieurs communes voisines de montagne de la rive sud-est de la Soummam (Hammou *et al.*, 2019). Il réunit 11 communes de la wilaya de Béjaïa et 10 communes de la wilaya de Sétif. Après sa labellisation, la figue sèche de Beni Maouche gagne une certaine notoriété aux niveaux national et international. Cette labellisation lui permettra d'être vendue dans le marché étranger. En effet, l'accès au marché international exige la fourniture d'une stricte garantie de qualité (Lamani, 2014).

3. Composés phénoliques des figues

3.1. Localisation

La distribution des composés phénoliques dans les fruits au niveau des tissus peut être révélée qualitativement d'une manière très simple en utilisant des réactifs de coloration tels que la vanilline HCl (une solution de vanilline –acide chlorhydrique) ou chlorure ferrique sur des tranches de fruits. Cela démontre que la plupart des composés phénoliques se trouvent dans la peau, les graines et les tissus conducteurs (Hawker *et al.*, 1972).

La localisation cellulaire est basée sur des observations microscopiques en utilisant les microscopes à fluorescence et électronique qui nécessitent un certain nombre de traitements préliminaires pour améliorer les observations microscopiques. Les tanins peuvent être observés dans les cellules après leur coagulation par la coloration au chlorure ferrique. De

même, la taille des tanins cellulaires peut être évaluée après leur coagulation par coloration en marron par EDTA (acide éthylène-diamine-tétracétique). De plus, la morphologie de tanins cellulaires peut être observée par illumination épifluorescente après leur coloration au fluorochrome et application du microscope électronique à balayage après la coagulation des tanins par des fixateurs (Macheix et Fleuriet, 1990).

À l'échelle cellulaire, les composés phénoliques s'accumulent dans deux sites majeurs (Figure 2): les parois cellulaires et les vacuoles. Dans les vacuoles, les polyphénols sont conjugués, avec des sucres ou des acides organiques, ce qui permet d'augmenter leur solubilité et de limiter leur toxicité pour la cellule. Au niveau de la paroi, on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes liés aux structures pariétales (Raven, 1987; Macheix et Fleuriet, 1990; Shahidi et Yeo, 2016).

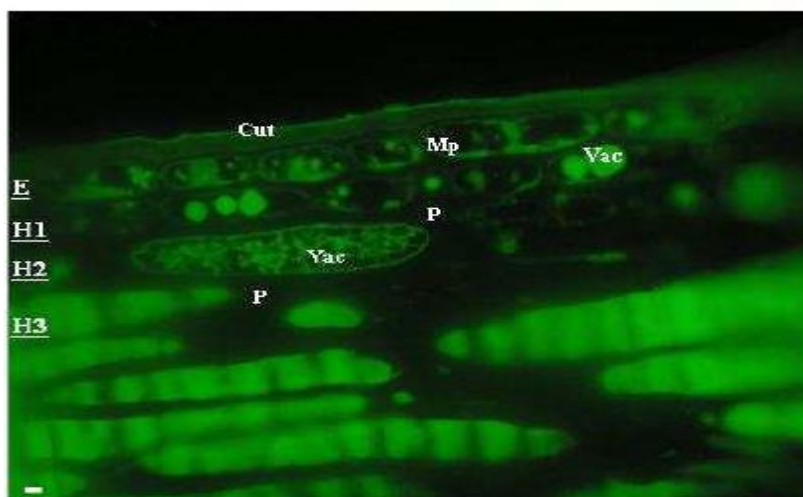


Figure 2. Autofluorescence des tannins (vert) en épifluorescence (lumière bleue) dans la pellicule de raisin (Lacompagne, 2010)

Abreviation : CUT : cuticule ; P : paroi cellulaire ; Vac : vacuole ; MP : membrane plasmique ; E : épiderme ; H1 : 1^{ère} assise cellulaire de l'hypoderme ; H2 : 2^{ème} assise cellulaire de l'hypoderme ; H3 : 3^{ème} assise cellulaire de l'hypoderme.

À l'échelle tissulaire, les teneurs des composés phénoliques sont plus élevées dans les tissus externes de fruits charnus (couches épidermique et sous-épidermique) que dans les tissus internes (mésocarpe et pulpe). Trois types de distribution peuvent être observés dans les fruits; certains composés phénoliques sont strictement situés dans un tissu particulier et peuvent donc être considérés comme étant spécifiques à cette partie du fruit. Dans la deuxième distribution, les composés phénoliques sont identiques, mais les concentrations diffèrent selon la partie du fruit; dans la dernière distribution, certains composés peuvent être spécifiques

d'un tissu ou d'une certaine partie à un stade physiologique précis de la vie du fruit (Macheix et Fleuriet, 1990).

Il a été rapporté dans la littérature scientifique (Solomon *et al.*, 2006 ; Kamiloglu et Capanoglu, 2013; Ajmal *et al.*, 2016; Harzallah *et al.*, 2016; Maghsoudlou *et al.*, 2017) que les peaux des figes contiennent des quantités beaucoup plus élevées de composés phénoliques par rapport à la pulpe de figes. Il est largement admis que les anthocyanes sont concentrées dans la peau des fruits et légumes (Solomon *et al.*, 2006).

3.2. Principaux composés phénoliques des figes

Les polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (Torreggiani *et al.*, 2005). On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs fonctions ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal. Cependant, ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (Achat, 2013). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau phénolique à 6 carbones, auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle (OH) libre ou engagé dans une autre fonction: éther, ester ou hétéroside (Kakhlon *et al.*, 2005). Selon Arvaniti *et al.* (2019), les principaux types de composés phénoliques des figes sont les acides phénoliques et les flavonoïdes.

3.2.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques font partie des formes les plus simples des composés phénoliques. Ils sont divisés en deux classes, les dérivés du benzène et les dérivés de l'acide cinnamique. Dans les aliments, les types les plus courants sont les acides hydroxybenzoïques (Manach *et al.* 2004 ; Rodriguez-Mateos *et al.*, 2014 ; Arvaniti *et al.*, 2019 ; Alqurashi *et al.*, 2020) (Figure 3).

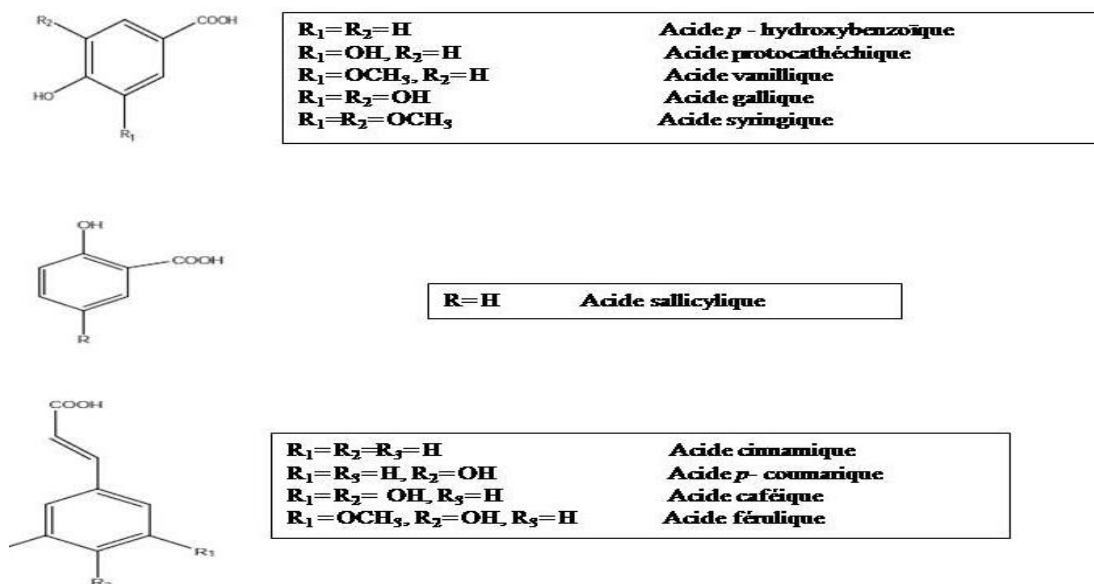


Figure 3. Structure des acides phénoliques (Arvaniti *et al.*, 2019)

L'ensemble des travaux sur les composés phénoliques des figes ont montré la présence des acides hydroxylbenzoïques et hydroxylcinnamiques dans les figes (Feng *et al.*, 2015 ; Kamiloglu et Capanoglu, 2015 ; Bachir Bey *et al.*, 2016 ; Pereira *et al.*, 2017) (Tableau 5).

Tableau 5. Liste des acides phénoliques détectés dans les figes

Classe	Acide phénolique	Références
Acides hydroxylbenzoïques	Acide gallique	Veberic <i>et al.</i> (2008) ; Pande et Akoh (2010); Nakilcioglu et Hisil (2013); Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide syringique	Veberic <i>et al.</i> (2008) ; Nakilcioglu et Hisil (2013); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide vanillique	Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide benzoïque	Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide salicylique	Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide ellagique	Pande et et Akoh (2010); Kamiloglu et Capanoglu (2015) ; Pereira <i>et al.</i> (2017).
Acide hydroxylcinnamique	Acide chlorogénique	Del Caro et Piga (2008) ; Veberic <i>et al.</i> (2008) ; Slatnar <i>et al.</i> (2011); Vallejo <i>et al.</i> (2012) ; Nakilcioglu et Hisil (2013); Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bey <i>et al.</i> (2016); Pereira <i>et al.</i> (2017).
	Acide férulique	Pande et Akoh (2010) ; Faleh <i>et al.</i> (2012) ; Yemis <i>et al.</i> (2012) ; Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide caféique	Bachir Bey <i>et al.</i> (2016);
	Acide cinnamique	Pande et Akoh (2010) ; Bachir Bey <i>et al.</i> (2016).
	Acide coumarique	Kamiloglu et Capanoglu (2015).

3.2.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un grand groupe de polyphénols alimentaires. Un grand nombre des flavonoïdes a été identifié dans les plantes et environ 4000 flavonoïdes sont responsables de la couleur des fruits, des fleurs et des feuilles (Pandey et Rizvi, 2009 ; Alqurashi *et al.*, 2020). La structure de base des flavonoïdes est illustrée dans la figure 4. Les flavonols, les flavones, les flavanols, les flavones, les anthocyanes et les isoflavones sont les six sous-classes de flavonoïdes. La différence entre chaque type est le degré d'oxydation et d'insaturation du cycle C (Chong *et al.*, 2010 ; De Pascual-Teresa *et al.*, 2010 ; Alqurashi *et al.*, 2020).

Les classes détectées dans les figues sont les flavanols, les flavonols, les flavones et les anthocyanidines (Tableau 6). Les flavonols sont des molécules qui diffèrent des autres flavonoïdes. Ces composés contiennent trois cycles; une double liaison entre les positions 2 et 3, un oxygène en position 4 et un groupe hydroxyle en position 3. Un sucre peut être lié dans le groupe 3-hydroxyle et par conséquent ces composés apparaissent généralement sous forme de glycosides. Les sucres les plus attachés aux flavonols sont le glucose et le rhamnose. Une structure similaire, sans le groupe hydroxyle en position 3, est présentée dans le groupe des flavones. Concernant les flavanols, ils ne contiennent pas le groupe cétone et ne sont pas généralement sous la forme de glycosides (Arvaniti *et al.*, 2019).

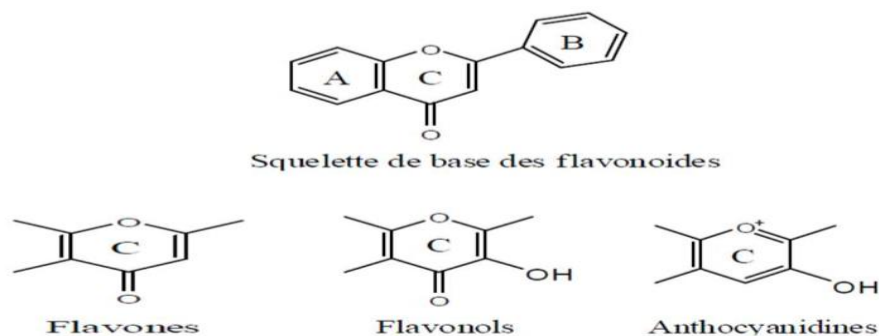


Figure 4. Structure de base des flavonoïdes (Pandey et Rizvi, 2009)

Les anthocyanes sont des pigments des végétaux solubles dans l'eau qui donnent des couleurs à de nombreux fruits et légumes et se présentent sous forme de glycosides (Karakaya, 2004). Six anthocyanes communs et plus de 540 pigments anthocyaniques ont été identifiés dans la nature (He et Giusti, 2010). Ils se distinguent par le nombre et la position des groupes hydroxyle et méthoxyle sur le squelette anthocyanique de base et par le nombre et la position à laquelle les sucres sont attachés (Wu *et al.*, 2006; Mazza et Miniati, 2018). Certaines variétés des figues ont une peau violette due à la présence d'anthocyanes (Mazza et Miniati,

2018). Dans les anthocyanidines des figes, le sucre est attaché en position 3 (Arvaniti *et al.*, 2019). Les principaux flavonoïdes détectés dans les figes sont résumés dans le tableau 6.

Tableau 6. Liste des flavonoïdes détectés dans les figes

Classe	Flavonoïdes	Référence
Flavones	Luteonil 8-C- glucoside	Slatnar <i>et al.</i> (2011)
	Luteolin-6-C-A pentose	Vallejo <i>et al.</i> (2012)
	Apigénine rutinoside	Vallejo <i>et al.</i> (2012)
Flavonols	Rutine	Veberic <i>et al.</i> (2008); Oliveira <i>et al.</i> (2009) ; Slatnar <i>et al.</i> (2011); Vallejo <i>et al.</i> (2012); Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016) ; Pereira <i>et al.</i> (2017)
	Quercétine	Faleh <i>et al.</i> (2012) ; Feng <i>et al.</i> (2015) ; Bachir Bey <i>et al.</i> (2016)
	Quercétine-3- O- glucoside	Oliveira <i>et al.</i> (2009) ; Slatnar <i>et al.</i> (2011) ; Vallejo <i>et al.</i> (2012) ; Bachir Bey <i>et al.</i> (2016)
	Quercétine-3- O- rutinoside	Oliveira <i>et al.</i> (2009) ; Faleh <i>et al.</i> (2012) ; Vallejo <i>et al.</i> (2012) ; Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016) ; Pereira <i>et al.</i> (2017)
	Quercétine-3-acetyl glucoside	Vallejo <i>et al.</i> (2012) ; Pereira <i>et al.</i> (2017)
	Kaempferol-3- O- rutinoside	Vallejo <i>et al.</i> (2012) ; Kamiloglu et Capanoglu (2015)
	Kaempferol -3- O- glucoside	Slatnar <i>et al.</i> (2011)
Flavanols	Catéchine	Veberic <i>et al.</i> (2008) ; Pande et Akoh (2010) ; Slatnar <i>et al.</i> (2011) ; Feng <i>et al.</i> (2015) ; Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016); Pereira <i>et al.</i> (2017)
	Epicatéchine	Veberic <i>et al.</i> (2008): Pande et Akoh (2010) ; Slatnar <i>et al.</i> (2011); Nakilcioglu et Hisil (2013) ; Feng <i>et al.</i> (2015) ; Kamiloglu et Capanoglu (2015); Pereira <i>et al.</i> (2017)
Anthocyanidines	Cyanidine 3-O- rutinoside	Del Caro et Piga (2008) ; Duenas <i>et al.</i> (2008) ; Slatnar <i>et al.</i> (2011); Yemis <i>et al.</i> (2012); Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016); Pereira <i>et al.</i> (2017)
	Cyanidine 3-O- glucoside	Duenas <i>et al.</i> (2008) ; Vallejo <i>et al.</i> (2012); Yemis <i>et al.</i> (2012); Kamiloglu et Capanoglu (2015); Bachir Bey <i>et al.</i> (2016); Pereira <i>et al.</i> (2017)
	Peonidine 3-O- glucoside	Duenas <i>et al.</i> (2008)
	Cyanidine 3-5- diglucoside	Yemis <i>et al.</i> (2012)
	Pélagonidine 3-O- glucoside	Duenas <i>et al.</i> (2008)
	Pélagonidine 3-O- rutinoside	Pereira <i>et al.</i> (2017)

3.3. Effets d'intérêt des composés phénoliques de la figue

3.3.1. Pouvoir antioxydant et /ou antiradicalaire

L'étude de l'activité antioxydante *in vitro* des différentes variétés de figes provenant de plusieurs pays notamment l'Algérie, la Tunisie, l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Croatie, la Turquie, l'Iran, le Pakistan et l'Inde est basée principalement sur les tests ABTS (2,2'-Azinobis-(3-ethylbenzothiazole-6-sulphonate), DPPH (2,2'-diphenyle-1-picryl hydrazyl) et FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)(Ishiwata *et al.*, 2004 ; Pellegrini *et al.*, 2006 ; Oliveira *et al.*, 2009; Reddy *et al.*, 2010; Faleh *et al.*, 2012 ; Mujic *et al.*, 2012; Pourghayoumi, *et al.*, 2012 ; Ammar *et al.*, 2015 ; Kamiloglu et Capanoglu, 2015 ; Ajmal *et al.*, 2016 ; Bachir Bey *et al.*, 2016; Ersoy *et al.*, 2017 ; Konak *et al.*, 2017 ; Maghsoudlou *et al.*, 2017 ; Pereira *et al.*, 2017). Les composés phénoliques de la peau de figes ont révélé une activité antioxydante plus importante que ceux de la pulpe. Harzallah *et al.* (2016) ont rapporté que le jus de la peau de figue noire a enregistré une activité antiradicalaire DPPH plus importante que le jus de fruits entiers. Des résultats similaires ont été également rapportés dans d'autres études (Solomon *et al.*, 2006; Oliveira *et al.*, 2009; Ammar *et al.*, 2015; Ajmal *et al.*, 2016; Hoxha et Kongoli, 2016 ; Maghsoudlou *et al.*, 2017). Les figes des variétés de couleur foncée ont une capacité antioxydante plus élevée par rapport à celle de couleur claire (Solomon *et al.*, 2006; Caliskan et Polat, 2011 ; Mujic *et al.*, 2012; Bachir Bey *et al.*, 2013; Bachir Bey et Louaileche, 2015; Konak *et al.*, 2017).

3.3.2. Autres propriétés des composés phénoliques de la figue

Les figes sont utilisées à des fins médicinales dans plusieurs pays depuis des années. Les utilisations ethnopharmacologiques de *Ficus carica* (fruit, feuilles, latex et racines) ont été rapportées par plusieurs études (Barolo *et al.*, 2014; Bouyahya, *et al.*, 2017 ; Arvaniti *et al.*, 2019). Les extraits phénoliques des figes ont révélé des propriétés hypoglycémiques (Deepa *et al.*, 2018) et protectrices contre les maladies cardiovasculaires (Alamgeer *et al.*, 2017), hépatiques (Gond et Khadabadi, 2008; Aghel *et al.*, 2011 ; Turan et Celik, 2016) et neurologiques (Subash *et al.*, 2014). Les extraits des figes ont également montré des activités antimicrobiennes (Lazreg-Aref *et al.*, 2012) et anticancérogènes (Rubnov *et al.*, 2001 ; Aref *et al.*, 2012 ; Menichini *et al.*, 2012; Lazreg-Hashemi et Abediankenari, 2013). Le tableau 7 résume les objectifs et les résultats des principales études sur les propriétés médicinales des figes.

Tableau 7. Quelques propriétés médicinales des figues (Arvaniti *et al.*, 2019)

Effet sur la santé	Objectif / construction de l'étude	Résultat et mécanisme	Référence
Cardio-protecteur	Évaluation de l'activité cardioinhibitrice et antihypertensive de l'extrait méthanolique de fruit de <i>Ficus carica</i> chez le rat.	Diminution significative de la tension artérielle chez les rats hypertendus pour la dose de 1000 mg/kg.	Alamgeer <i>et al.</i> (2017)
Hépatoprotecteur	Évaluation des rôles hépatoprotecteur et antioxydant de figue séchée contre le stress oxydatif induit par l'éthanol <i>via</i> les changements histopathologiques du foie.	Protection contre l'éthanol avec rétablissement du système antioxydant de défense par le supplément de figue sèche.	Turan et Celik (2016)
Activité hypoglycémique	Évaluation de l'activité antidiabétique de <i>F. carica</i>	Amélioration de la sécrétion de l'insuline et réduction de la glycémie <i>in vivo</i> par les composés phénoliques des figues.	Deepa <i>et al.</i> (2018)
Suppressif du cancer	Évaluation de l'effet <i>in vitro</i> de différentes doses de latex de figuier sur la lignée cellulaire cancéreuse de l'œsophage.	Inhibition de la croissance de la lignée cellulaire cancéreuse pour une concentration optimale de 10 mg/ml.	Hashemi et Abediankenari (2013)
Activité anti-acnéique	Utilisation de quatre extraits de fruits et de feuilles du figuier (Éther de pétrole, chloroforme, méthanol, eau distillée) sur <i>Propionibacterium acnes</i>	Inhibition des <i>P. acnes</i> par une concentration inhibitrice minimale de 10 µg/ml de l'extrait aqueux de la figue.	Vaghasiya <i>et al.</i> (2015)
Activité neuro-protectrice	Souris atteints d'Alzheimer nourries avec 4% de figues pendant 15 mois.	Amélioration des déficits comportementaux liés à la mémoire, réduction des dommages oxydatifs et amélioration du système antioxydant chez les souris transgéniques.	Subash <i>et al.</i> (2014)

4. Bioaccessibilité des polyphénols

4.1. Concepts de biodisponibilité, bioaccessibilité et bioactivité

La biodisponibilité est définie comme la partie du nutriment ingérée qui atteint la circulation systématique et disponible pour une utilisation dans des fonctions physiologiques normales. La biodisponibilité comprend en outre deux termes supplémentaires: la bioaccessibilité et la bioactivité (Alegría *et al.*, 2015; Roselló-Soto *et al.*, 2019; Thakur *et al.*, 2020).

La bioaccessibilité a été définie comme la fraction d'un composé qui est libéré de sa matrice alimentaire dans le tractus gastro-intestinal et devient ainsi disponible pour l'absorption intestinale. Elle comprend la séquence d'événements qui se produisent pendant la digestion des aliments pour la transformation en matériaux potentiellement bioaccessibles mais exclut l'absorption / assimilation par le tissu épithélial et le métabolisme présystémique (à la fois intestinal et hépatique) (Alegría *et al.*, 2015 ; Roselló-Soto *et al.*, 2019 ; Thakur *et al.*, 2020). Seuls les polyphénols libérés de la matrice alimentaire par l'action des enzymes digestives et de la microflore bactérienne sont bioaccessibles dans l'intestin et donc potentiellement biodisponibles (Kamiloglu, 2016).

La bioactivité à son tour comprend des événements liés à la façon dont le nutriment ou le composé bioactif est transporté et atteint le tissu cible, comment il interagit avec les biomolécules, le métabolisme ou la biotransformation qu'il peut subir la génération de biomarqueurs et les réponses physiologiques induites (Alegría *et al.*, 2015 ; Roselló-Soto *et al.*, 2019 ; Thakur *et al.*, 2020).

4.2. Principales méthodes d'étude de la bioaccessibilité

La biodisponibilité et la bioaccessibilité des composés phytonutriments peuvent être analysées par différentes méthodes *in vivo* et *in vitro*. Les études de biodisponibilité de ces composés sont réalisées *in-vivo* sur l'homme ou sur l'animal. Ces études fournissent des informations plus spécifiques sur la biodisponibilité des phytonutriments, mais elles sont coûteuses, nécessitent plus de temps et ont des contraintes éthiques et des difficultés dans l'interprétation des données (Thakur *et al.*, 2020).

Les études sur les animaux sont généralement moins coûteuses que les études sur l'homme mais les principaux inconvénients de ces études sont les différences de métabolisme entre les animaux et les êtres humains, ce qui rend l'interprétation des résultats difficile (Wienk *et al.*, 1999). Par conséquent, comme alternative, des méthodologies *in vitro* ont été développées

pour la bioaccessibilité de différents constituants alimentaires qui sont comparativement simples, bon marché et qui donnent des résultats reproductibles (Failla *et al.*, 2008). Une telle approche des méthodologies *in vitro* est la digestion gastro-intestinale *in vitro*.

La digestion gastro-intestinale *in vitro* est considérée comme utile pour l'estimation des événements pré-absorbants tels que la stabilité et la bioaccessibilité des nutriments ou des phytonutriments provenant de différentes matrices alimentaires. Les méthodes de la digestion gastro-intestinale *in vitro* sont utilisées comme substituts à des fins prédictives (Thakur *et al.*, 2020). La plupart de ces études ont été revues par plusieurs auteurs qui ont signalé des différences significatives dans les procédures telles que le type de la phase de digestion (bouche, estomac, intestin grêle et gros intestin), la composition et la concentration des fluides digestifs (enzymes, sels, tampon) et également la durée d'incubation des échantillons à chaque étape digestive (Hur *et al.*, 2011 ; Ting *et al.*, 2015). La concentration, la composition des enzymes et le temps de la digestion doivent être ajustés en fonction de l'échantillon. Si la concentration de la matière cible (composés phénoliques) est augmentée, la concentration d'enzymes ou le temps de digestion doivent également être augmentés (Thakur *et al.*, 2020). Malgré la large application des méthodes *in vitro*, les études *in vivo* doivent être utilisées pour la validation des méthodes *in vitro* (Cardoso *et al.*, 2015).

La digestion gastro-intestinale simulée peut être effectuée en utilisant deux types de modèles à savoir les modèles statiques et les modèles dynamiques (Tableau 8). Dans les modèles statiques, les produits de la digestion n'imitent pas les processus physiques tels que le cisaillement, le mélange, l'hydratation et ils restent donc principalement immobiles. Plusieurs modèles de digestion statique *in vitro* ont été développés et varient notamment en fonction du type d'aliment, de l'objectif de l'étude, du nombre d'étapes mimées et de la cible physiologique (Ménard et Dupont, 2014). Dans les modèles dynamiques, les modifications graduelles du pH et de la concentration des enzymes peuvent être effectuées également, offrant ainsi une meilleure simulation de l'environnement par rapport à la situation réelle *in vivo*. Le test de la bioaccessibilité *in vitro* est basé sur des mesures de composés solubles ou dialysables qui peuvent être en outre améliorés par l'utilisation de cultures cellulaires. Le modèle de cellule d'épithélium intestinal le plus validé et couramment utilisé par les chercheurs est le modèle cellulaire CaCo-2 (Thakur *et al.*, 2020). Bien que les cellules CaCo-2 sont d'origine colique, elles ont la capacité de subir la différenciation pour former une monocouche de cellules, ayant de nombreuses propriétés morphologiques typiques des anthérocytes humains matures trouvés dans l'intestin grêle (Pinto *et al.*, 1983).

Tableau 8. Modèles de digestion gastro-intestinale *in vitro* statiques et dynamiques (Ménard et Dupont, 2014)

Modèles statiques	Modèles dynamiques
<ul style="list-style-type: none"> • Modèle d'Almaas <i>et al.</i> (2006) 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle stomacal développé par Mercuri <i>et al.</i> (2011)
<ul style="list-style-type: none"> • Modèle de Chatterton <i>et al.</i> (2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle stomacal développé par Kong et Singh (2011)
<ul style="list-style-type: none"> • Modèle de Moreno <i>et al.</i> (2008) 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle gastro-intestinal développé par Minekus <i>et al.</i> (1995)
<ul style="list-style-type: none"> • Modèle de Dupont <i>et al.</i> (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle gastro-intestinal développé par Ménard <i>et al.</i> (2014)
<ul style="list-style-type: none"> • Modèle de Minekus <i>et al.</i> (2014) 	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle colique développé par Molly <i>et al.</i> (1993)

4.3. Bioaccessibilité des composés phénoliques

Les polyphénols présents dans les fruits sont généralement attachés aux glucides. Pendant la digestion gastro-intestinale, les polyphénols se détachent à partir de leur fraction glucidique en les rendant plus bioaccessibles (Thakur *et al.*, 2020). La bioaccessibilité de certains polyphénols comme la quercétine et l'héspéridine est dépendante du type de sucre attaché (Scholz et Williamson, 2007). La réduction de la bioaccessibilité du composé procyanidine a été observée en raison de la formation d'un complexe protéine-procyanidines (Keogh *et al.*, 2007). Les polyphénols une fois absorbés subissent divers processus comme la méthylation, la sulfatation et la glucuronidation à l'intérieur des cellules intestinales. Les polyphénols non absorbés atteignent le côlon où la microflore hydrolyse les glycosides en aglycones et les convertit en acides aromatiques tels que les acides hydroxyphénylacétiques, les acides hydroxyphénylpropioniques et les flavanones (Manach *et al.*, 2004). Une partie de l'absorption des polyphénols peut avoir lieu dans le gros intestin (Thakur *et al.*, 2020).

L'étude *in vitro* de Tagliazucchi *et al.* (2010) a montré la présence seulement de 62% des polyphénols bioaccessibles dans le raisin. La diminution de la quantité des polyphénols, des flavonoïdes et des anthocyanes totaux bioaccessibles est passée de la phase gastrique acide à

la phase intestinale alcaline. À la fin de toutes les phases de digestion, la fraction bioaccessible des flavonoïdes totaux et des anthocyanines correspond à 56,1% et 7,6%, respectivement. L'étude de Bouayed *et al.* (2011) sur la digestion gastro-intestinale *in vitro* de quatre variétés de pomme a indiqué que la fraction bioaccessible des polyphénols et des flavonoïdes totaux est de 65% pendant la phase gastrique et inférieure à 10% pendant la digestion intestinale, alors que les anthocyanes ne sont pas détectables après la digestion intestinale.

Une étude récente de Panagopoulou *et al.* (2021) sur la digestion gastro-intestinale simulée des trois variétés de dattes séchées a révélé que la fraction bioaccessible des phénols polaires (acide gallique, acide protocatéchique, acide caféique, acide p-coumarique, acide férulique, acide chlorogénique, acide néochlorogénique, myricétine et quercétine) est comprise entre 37 et 70% après la digestion orale, mais la teneur des polyphénols totaux a augmenté après la phase gastrique avec un taux supérieur à 100%.

Par ailleurs, Chaalal *et al.* (2017) ont montré une diminution des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et tanins condensés des trois variétés de figes de barbarie pendant toutes les phases de la digestion gastro-intestinale *in vitro*. L'étude de Kamiloglu et Capanoglu (2013) est la seule étude sur l'effet de la digestion gastro-intestinale *in vitro* sur les composés phénoliques des deux variétés de figes. Ces auteurs ont observé que la fraction intestinale des figes fraîches jaunes et violettes entières contient respectivement 10 et 6% de l'acide chlorogénique. Pour la rutine, la fraction intestinale en contient 12% pour les figes fraîches entières jaunes et 16% pour les figes violettes entières. Les pourcentages de récupération d'acide chlorogénique et de rutine étaient plus élevés dans la pulpe par rapport à la peau pour chaque variété.

5. Synthèse de quelques travaux de recherche sur l'effet de procédés (séchage et confiture) sur les composés phénoliques de la fige, leur activité antioxydante et leur bioaccessibilité

5.1. Effet du séchage

Le séchage par exposition directe à l'air et au soleil sont les méthodes de séchage les plus couramment appliquées sur les figes (Kamiloglu et Capanoglu, 2015). Ces méthodes de déshydratation permettent d'atteindre une faible teneur en humidité (20 à 26%) et de prolonger la durée de conservation des produits alimentaires jusqu'à un an (Thakur *et al.*, 2020). Ces techniques de séchage conventionnelles ont un impact sur les aspects physiques,

sensoriels, nutritionnels et les propriétés microbiologiques des figues par rapport aux figues fraîches (Kamiloglu et Capanoglu, 2015 ; Omolola *et al.*, 2017 ; Thakur *et al.*, 2020).

Dans la littérature, des résultats parfois contradictoires concernant l'effet de séchage sur les concentrations de composés phénoliques dans les figues sont signalés. Plusieurs études ont montré qu'il existe des niveaux de concentration plus élevés de ces composés dans les figues sèches par rapport aux figues fraîches (Slatnar *et al.*, 2011 ; Nakilcioglu et Hıslı, 2013 ; Konak *et al.*, 2017). D'autres études ont signalé que les procédés de séchage affectent négativement la teneur en composés phénoliques (Kamiloglu et Yemis *et al.*, 2012 ; Capanoglu, 2015 ; Bachir Bey *et al.*, 2016). En outre, des études récentes ont examiné l'effet des techniques de séchage au four et au soleil sur les antioxydants des figues. Dans ce contexte, Bachir Bey *et al.* (2016) ont étudié l'effet du séchage sur 22 composés phénoliques de trois variétés des figues de couleur foncée cultivées en Algérie. Leurs résultats ont montré que la concentration des composés phénoliques a diminué de 29% et de 86% pour les acides phénoliques et les flavonoïdes respectivement en appliquant la méthode de séchage au soleil pendant 7 jours à une température moyenne de 27,8 °C. De même, dans une autre étude de Kamiloglu et Capanoglu (2015), la méthode de séchage au soleil a été appliquée pour évaluer l'effet du procédé de séchage sur la teneur en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, anthocyanes totaux et en composés phénoliques individuels des deux variétés de figues turques. Les teneurs des antioxydants étudiés ont diminué pendant le séchage au soleil à une température moyenne entre 31 et 34 °C pendant 8 jours. La teneur en polyphénols totaux, flavonoïdes totaux, anthocyanes totaux a diminué avec des taux de 15, 75 et 98% respectivement. Dans le même contexte, Konak *et al.* (2017) ont exploré l'effet du séchage au soleil et au four sur la teneur en composés phénoliques des variétés des figues de couleur foncée et claire cultivées en Turquie. Le séchage au soleil a duré environ 3 jours, tandis que le séchage au four a duré 12 h à 60 °C avec une circulation de l'air à une vitesse de 0,5 m.s⁻¹. Ces auteurs ont rapporté que les deux méthodes de séchage n'ont eu aucun effet négatif sur la teneur en composés phénoliques pour toutes les variétés sélectionnés.

Dans une étude réalisée par Slatnar *et al.* (2011), la teneur en composés phénoliques des figues cultivées en Slovénie a été déterminée avant et après le séchage au soleil et au four. Le séchage au four a été réalisé à une température comprise entre 62 et 64 °C pendant 24 h, tandis que le séchage au soleil a été appliqué pendant 7 jours. Les résultats ont montré que le taux des composés phénoliques a augmenté après la fin des deux procédés de séchage et la

teneur d'acide chlorogénique, de catéchine, d'épicatéchine et de kaempférol-3-O-glucoside a augmenté après le séchage au four.

Selon la littérature, le séchage solaire semble avoir des effets contradictoires sur l'activité antioxydante des figes. Certaines études ont montré que la capacité antioxydante des figes séchées est supérieure à celle des figes fraîches (Ishiwata *et al.*, 2010 ; Slatnar *et al.*, 2011 ; Chang *et al.*, 2016). Cependant, d'autres études ont rapporté que le séchage solaire réduit la capacité antioxydante des figes (Kamiloglu et Capanoglu, 2015 ; Bachir Bey *et al.*, 2016). L'activité antioxydante élevée des fruits et légumes séchés pourrait être liée aux polyphénols partiellement oxydés ayant une activité antioxydante plus grande que les polyphénols non oxydés (Nora *et al.*, 2014 ; Vidinamo *et al.*, 2020).

Le séchage solaire des figes provoque une augmentation de la bioaccessibilité de l'acide chlorogénique dans les figes jaunes (33%) ainsi que dans les figes violettes (73%) (Kamiloglu et Capanoglu, 2013). L'effet de la déshydratation sur la bioaccessibilité des polyphénols et des flavonoïdes a été étudié également dans le mélange des différents types d'amarante par Oghbaei et Prakash (2013). La déshydratation a entraîné une diminution de taux des polyphénols qui était de 50,5% dans le mélange frais et 48,5% dans le mélange déshydraté. Le taux des flavonoïdes était de 37,9% dans le mélange frais et 32,9% dans le mélange déshydraté. Dans une autre étude réalisée par Prakash et Oghbaei (2015), des résultats similaires du procédé de déshydratation ont été obtenus dans un mélange d'amarante et de pois chiches où les polyphénols sont réduits de 50% (frais) à 39% (déshydraté) et les flavonoïdes de 40% à 36% (déshydraté). Ils ont conclu que pendant la déshydratation, la teneur des antioxydants sensibles à la chaleur se réduit, mais la concentration de ceux thermostables reste la même.

5.2. Effet du procédé confiture

La préparation de confiture des fruits est une méthode très ancienne de conservation des fruits (Peckham, 1964 ; Thakur *et al.*, 1997 ; Vibhakara et Bawa, 2006). La confiture est définie comme le produit préparé à partir de fruits entiers ou en morceaux, de pulpe et/ou de purée concentrées ou non concentrées, d'une ou plusieurs sortes de fruits, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance adéquate (CODEX STAN 296- 2009). Le sucre et les fruits sont les principaux ingrédients de la préparation de confiture et qui subissent un traitement thermique qui est la cuisson (Vibhakara et Bawa, 2006). Les figes sont parmi les fruits qui

se conservent sous forme de confiture en subissant la cuisson qui peut avoir des effets sur les composés phénoliques et sur l'activité antioxydante.

Les études de l'effet de fabrication de confiture sur les composés phénoliques des figues ont montré une diminution de taux de ces composés (Rababah *et al.*, 2011 ; Tanwar *et al.*, 2014 ; Petkova *et al.*, 2019). Rababah *et al.* (2011) ont montré que la fabrication de la confiture entraîne une diminution de la teneur en polyphénols totaux et en anthocyanines totaux des figues avec des taux de 76,2 et 60,2% respectivement. A leur part, Tanwar *et al.* (2014) ont signalé que la confiture des figues a perdu 25% des polyphénols totaux, 98% de flavonoïdes totaux et 79 % des anthocyanines totaux. L'étude de Petkova *et al.* (2019) a montré que les taux de diminution des polyphénols totaux, de flavonoïdes totaux et des anthocyanines totaux sont de l'ordre de 10,42 et 50% respectivement. La perte des composés phénoliques après la fabrication de la confiture a été constatée également dans les autres fruits comme la fraise, la cerise, l'abricot et l'orange (Poiana *et al.*, 2011 ; Rababah *et al.*, 2011).

Les études sur l'effet de fabrication de la confiture des figues sur l'activité antioxydante ont montré la diminution de cette capacité biologique (Rababah *et al.*, 2011 ; Petkova *et al.*, 2019). Rababah *et al.* (2011) ont étudié l'activité antioxydante par la méthode antiradicalaire DPPH, ils ont constaté que la fabrication de confiture a abaissé l'activité antiradicalaire avec un taux de 38,9%. Alors que Petkova *et al.* (2019) ont étudié l'activité antioxydante par les deux méthodes DPPH et FRAP ont montré que le processus de fabrication de la confiture entraîne une légère diminution de l'activité antioxydante des figues. Le procédé de fabrication de la confiture a entraîné également la diminution de l'activité antioxydante des autres fruits comme la fraise (Wicklund *et al.*, 2005 ; Rababah *et al.*, 2011), la cerise, l'abricot, l'orange (Rababah *et al.*, 2011) et la goyave (Kanwal *et al.*, 2017). De même, Scibisz et Mitek (2009) ont montré que 13 à 19% de la capacité antioxydante de myrtille a été perdue pendant la fabrication de la confiture.

Selon la littérature, la fabrication de la confiture semble avoir des effets contradictoires sur la bioaccessibilité des composés phénoliques. Les confitures de carotte noire sont considérées comme de bonnes sources de polyphénols avec des niveaux élevés de bioaccessibilité allant de 4,9 à 17,5% (Kamiloglu *et al.*, 2015). La transformation des fruits en confitures conduit à une augmentation de la bioaccessibilité des composés phénoliques totaux (7,2 - 12,6 %). Cette augmentation peut être due au traitement thermique appliqué (cuisson) pendant la transformation de la matière première en provoquant des changements structurels qui

aboutissent au ramollissement de la paroi cellulaire qui favorisent une bioaccessibilité plus élevée des composés phénoliques. Cette augmentation peut être liée aussi à la libération d'antioxydants par le traitement thermique (Palermo *et al.*, 2014). Dans une autre étude, Gil-Izquierdo *et al.* (2002) ont constaté que la fraction bioaccessible des composés phénoliques dans les fractions dialysées était considérablement faible dans les confitures de fraises (2,3 – 12,0 %) par rapport à la fraise fraîche (6,6 – 172,8 %). Ces résultats ont montré également que lors de la digestion, les anthocyanes de fraise se dégradent et les ellagitanins sont convertis en acide ellagique libre entraînant une multiplication par dix de ce composé. La diminution de la fraction bioaccessible des anthocyanes n'est pas toujours claire, mais on a émis l'hypothèse que pendant le traitement thermique, les anthocyanines sont métabolisés ou dégradés sous une autre forme non détectable (Thakur *et al.*, 2020). Perez-Vicente *et al.* (2002) ont rapporté que la biodisponibilité des anthocyanes dépend de la stabilité de la molécule. Dans le milieu alcalin de l'intestin grêle, les anthocyanes sont très instables en résultant d'une faible biodisponibilité de ces composés.

Conclusion générale et perspectives

Nous rappelons que les principaux objectifs visés de ce travail sont, dans un premier temps, de connaître les procédés traditionnels concernant le séchage au soleil et la préparation de confiture à base de figues en s'appuyant sur le savoir faire local de la population pratiquant ces activités. Dans un deuxième temps, la caractérisation physicochimique, et en particulier l'évaluation quantitative et qualitative des figues fraîches et sèches et des confitures de figues, s'avère importante pour étudier l'impact des procédés en question sur ces paramètres. Dans un troisième temps, il s'agit d'étudier la bioaccessibilité des composés phénoliques et leur activité antioxydante au cours de la digestion gastro-intestinale *in vitro*, tout en tenant compte de l'effet "variétal" et de l'effet "séchage au soleil".

À travers l'enquête réalisée, il s'avère que localement, le séchage traditionnel et la préparation artisanale de confiture sont les méthodes les plus pratiquées pour la conservation des figues. Les variétés *Taamriwt*, *Thaghanimt*, *Azanjar* et *Aberkane* sont les plus destinées au séchage traditionnel. Parmi elles, les variétés de couleur violette et noire (*Azanjar* et *Aberkane*) sont les plus destinées à la préparation de confiture artisanale en raison de leur goût sucré par rapport aux autres variétés de couleur claire. Plusieurs diagrammes de séchage traditionnel des figues et de leur transformation en confiture ont été notés. Cependant, les étapes clés sont communes entre les différents diagrammes. Quelques exceptions sont enregistrées et qui concernent les ingrédients ajoutés, le support de séchage utilisé, la nature des récipients de cuisson et de stockage utilisés.

Le taux d'humidité des variétés, après séchage au soleil, varie entre 19 et 20 %. Ce taux est conforme à la norme (< à 26%). Quant à l'humidité des confitures de figues, elle varie de 46,48 à 52,80 %. Ce taux semble être supérieur à la norme (< 40%). Le pH des figues et des figues transformées varie entre 4,9 et 5,4. L'acidité titrable des figues et de leurs dérivés est comprise entre 0,68 et 2,80 g d'acide citrique/100 g M.S. Les confitures élaborées ont enregistré des valeurs d'acidité titrable les plus élevées. Alors que les figues fraîches de couleur sombre (*Aberkane* et *Azanjar*) ont révélé les teneurs les plus élevées en sucres totaux.

Concernant la composition phénolique, les variétés *Aberkane* et *Azanjar* ont enregistré les teneurs les plus élevée en polyphénols totaux, en flavonoïdes totaux et en anthocyanines totales que ce soit dans les figues fraîches, sèches ou dans la confiture, avec une supériorité de la variété *Aberkane*. Les principaux composés phénoliques détectés dans les figues fraîches, sèches et les confitures des figues sont en nombre de 19 dont 9 acides phénoliques et 10 flavonoïdes. Les acides phénoliques sont : acide gallique, acide 3,4 dihydroxybenzoïque,

acide vanillique, acide ellagique, acide syringique, acide chlorogénique, acide caféique, acide *p*-coumarique et acide cinnamique. Les flavonoïdes détectés sont : quercétine, quercétine 3-galactoside, quercétine 3-glucoside, quercétine 3-rutinoside, kaempférol, catéchine, épicatechine, cyanidine, cyanidine 3-O- glucoside et pélargonidine. L'impact du séchage solaire a été négatif sur la teneur en composés phénoliques des figes.

Concernant la capacité antioxydante, les figes fraîches de la variété *Aberkane* ont présenté la meilleure activité. De même, l'impact du séchage sur la capacité antioxydante des variétés des figes a été négatif. Les corrélations entre les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante ont été majoritairement positives. La corrélation très hautement significative a été notée entre les polyphénols totaux et le test FRAP ($r = 0,96$).

Un impact négatif du procédé confiture sur les teneurs en composés phénoliques et la capacité antioxydante totale a été enregistré. De même des corrélations positives et hautement significatives ont été notées entre l'activité antioxydante et les teneurs en composés phénoliques dans les confitures préparées.

Les procédés traditionnels appliqués semblent influencer négativement la teneur en composés phénoliques où des pertes considérables ont été notées. Elles varient de 52,02 % à 61,58 pour les figes séchées au soleil ; et de 52,21 % à 69,38 pour les figes transformées en confiture. Parmi les variétés étudiées, la variété *Aberkane* est la plus affectée par ces deux procédés. Ce constat peut s'expliquer par la richesse de cette variété en anthocyanines qui sont plus sensibles aux traitements thermiques et au changement du pH.

La digestion gastro-intestinale *in vitro* semble aussi avoir un effet négatif sur la teneur en composés phénoliques et les activités antioxydantes des variétés de figes fraîches et séchées. La réduction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante a été plus marquée ($p < 0,05$) de la phase orale jusqu'à la phase intestinale. Une corrélation modérée a été observée entre les composés phénoliques et les activités antioxydantes testées. Par conséquent, la digestion gastro-intestinale *in vitro* semble avoir un effet sur les composés phénoliques et leur potentiel antioxydant, où le pH et les enzymes ont une influence négative sur la quantité de ces composés et leurs activités.

Comme perspectives de ce travail, il serait intéressant d'étudier d'autres antioxydants des figes tels que les caroténoïdes et l'acide ascorbique ; d'extraire et purifier les antioxydants des figes et les exploiter dans l'agroalimentaire et d'étudier la biodisponibilité des antioxydants des figes *in vitro* et *in vivo*.

Références bibliographiques

- Abid M., Yaich H., Hidouri H., Attia H. & Ayadi M. A. (2018). Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. *Food chemistry*, 239, 1047-1054.
- Achat S. (2013). Polyphénols de l'alimentation: extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de doctorat en sciences alimentaires, Université Avignon, 261 p.
- AFNOR (1982). Recueil de norme françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR.
- Afolabi I. S., Marcus G. D., Olanrewaju T. O. & Chizea V. (2011). Biochemical effect of some food processing methods on the health promoting properties of under utilized *Carica papaya* seed. *Journal of Natural products*, 4, 17-24.
- Aghel N., Kalantari H. & Rezazadeh S. (2011). Hepatoprotective effect of *Ficus carica* leaf extract on mice intoxicated with carbon tetrachloride. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 10, 63–68.
- Ait Mimoune N., Arroyo-Manzanares N., Gámiz-Gracia L., García-Campaña A. M., Bouti K., Sabaou N. & Riba A. (2018). *Aspergillus* section Flavi and aflatoxins in dried figs and nuts in Algeria. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 11(2), 119-125.
- Ajmal M., Arshad M. U., Saeed F., Ahmed T., Khan A. U., Bader-ul-Ain H. & Suleria H. A. R. (2016). Exploring the nutritional characteristics of different parts of fig in relation to hypoglycemic potential. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 14, 115–122.
- Aksoy U. (2017). The dried fig management and the potential for new products, *In V International Symposium on Fig*, 1173, 377–382.
- Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., & Shahidi F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(19), 7592-7599.
- Alamgeer, Iman S., Asif H. & Saleem M. (2017). Evaluation of antihypertensive potential of *Ficus carica* fruit. *Pharmaceutical Biology*, 55, 1047–1053
- Alasalvar C. & Shahidi F. (2013). Dried fruits: phytochemicals and health effects (Vol. 8). Ed. John Wiley and Sons, 503 p.
- Alasalvar C. (2013). Functional characteristics of dried figs. In, Alasalvar C. & Shahidi F. Dried fruits: phytochemicals and health effects (Vol. 8). Ed. John Wiley and Sons, pp. 284-299.
- Alegría A., Garcia-Llatas G. & Cilla A. (2015). Static digestion models: General introduction. *The impact of food bioactives on health*, 3-12.
- Aljane F., Nahdi, S. & Essid A. (2012). Genetic diversity of some accessions of Tunisian fig tree (*Ficus carica* L.) based in morphological and chemical traits. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, 2(3), 350-359.
- Almaas H., Cases A.L., Devold T.G., Holm H., Langsrud T., Aabakken L., Aadnoey T. & Vegarud G.E. (2006). *In vitro* digestion of bovine and caprine milk by human gastric and duodenal enzymes. *International Dairy Journal*, 16, 961-968.

- Alqurashi R. M., Al-Mssallem M. Q. & Al-Khayri J. M. (2020). Bioactive Compounds of Arid and Semiarid Fruits: Impact on Human Health. *Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts*, 21-34.
- Amakura Y., Umino Y., Tsuji S. & Tonogai Y. (2000). Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 6292-6297.
- Ammar S., Del Mar Contreras M., Belguith-Hadrich O., Segura-Carretero A. & Bouaziz M. (2015). Assessment of the distribution of phenolic compounds and contribution to the antioxidant activity in Tunisian fig leaves, fruits, skins and pulps using mass spectrometry-based analysis. *Food & Function*, 6, 3363–3677.
- AOAC Int. 2006. Official methods of analysis of AOAC International, Official Method 2005.02. Gaithersburg, MD.
- Apak A., Ozyurek M., Guclu K. & Capanoglu E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)based assays. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 64, 997–1027.
- Apak R. (2018). Electron transfer-based antioxidant capacity assays and the cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC) assay. In, Benzie I. F., Devaki M., Apak R., Capanoglu E., & Shahidi F. Measurement of Antioxidant Activity & Capacity: Recent Trends and Applications. Ed. John Wiley & Sons, pp. 57-75.
- Apak R., Güçlü K., Özyürek M. & Karademir S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Arvaniti O. S., Samaras Y., Gatidou G., Thomaidis N. S. & Stasinakis A. S. (2019). Review on fresh and dried figs: Chemical analysis and occurrence of phytochemical compounds, antioxidant capacity and health effects. *Food Research International*, 119, 244-267.
- Asami D. K., Hong Y. J., Barrett D. M. & Mitchell A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(5), 1237-1241.
- Ashish Kumar (1988). The effect of ingredient on the quality of confectionery jellies dissertation report. Ed. CFTRI, Mysore. pp. 1–22.
- Audigie L., Figarella J. & Zonszain F. (1978). Manipulation biochimique. Ed. Doin. Paris. 274 p.
- Bachir Bey M. (2015). Étude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physicochimiques, les propriétés antioxydantes et les profils phénoliques de variétés de figes (*Ficus carica* L.). Thèse de doctorat. Université Abderrahmane Mira, Bejaïa, Algérie. 130 p.
- Bachir Bey M. & Louaileche H. (2015). A comparative study of phytochemical profile *in vitro* antioxidant activities of dark and light dried fig (*Ficus carica* L.) varieties. *The Journal of Phytopharmacology*, 4, 41–48.

- Bachir Bey M., Richard G., Meziat L., Fauconnier M. L. & Louaileche H. (2017). Effects of sun-drying on physicochemical characteristics, phenolic composition and *in vitro* antioxidant activity of dark fig varieties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), e13164.
- Baker R. A., Berry N., Hui Y. H. & Barrett D. M. (2005). Fruit preserves and jams. *Processing fruits: Science and technology*, 2, 112-125.
- Barolo M. I., Ruiz Mostacero N. & Lopez S. N. (2014). *Ficus carica* L. (Moraceae): An ancient source of food and health. *Food Chemistry*, 164, 119–127.
- Bennick A. (2002). Interaction of plant polyphenols with salivary proteins. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 13(2), 184-196.
- Bentayeb Z.E. (2018). Caractérisation moléculaire et morphologique du figuier (*Ficus carica* L.) d'Algérie. Thèse de doctorat en sciences. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran, Algérie. 121 p.
- Benzie I. F. & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bérard L. & Marchenay P. (2000). Le vivant, le culturel et le marchand: les produits de terroir. *Autrement. Série mutations (1989)*, (194), 191-216.
- Bidri M. (2018). Maturation précoce des figues par l'huile d'olive: Implication de la voie de signalisation de l'éthylène. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 6(4), 489-493.
- Blancke R., (2001). Guide des fruits et légumes tropicaux. Ed. Eugen Ulmer, Paris, 288 p.
- Bouayed J., Hoffmann L. & Bohn T. (2011). Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food chemistry*, 128(1), 14-21.
- Boubekri C. (2014). Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Thèse de doctorat en sciences. Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie. 176 p.
- Boudchicha R. H. (2019). Etude de la diversité génétique de quelques variétés locales de figuier (*Ficus carica* L.) en Algérie. Thèse de doctorat en sciences. Université d'Oran, Algérie. 119 p.
- Bourayou K., Bouzid L., Azzouz M., Boukari N., Saibi Z. & Khamellah O. (2005). Possibilité de réhabilitation du figuier (*Ficus carica* L.) en fonction de ses ressources génétique et en conditions agronomique et socioéconomique Algérienne. *Séminaire International Sur l'amélioration des Productions Végétales. INRA-Alger, Algerie*.
- Bouyahya A., Abrini J., Et-Touys A., Bakri Y. & Dakka N. (2017). Indigenous knowledge of the use of medicinal plants in the North-West of Morocco and their biological activities. *European Journal of Integrative Medicine*, 13, 9–25.
- Brat P. & Cuq B. (2007). Transformation et conservation des fruits - Perte de la structure initiale. *Techniques de l'Ingénieur*. E6273.
- Bucić-Kojić A., Planinić M., Tomas S., Jokić S., Mujić I., Bilić M. & Velić D. (2011). Effect of extraction conditions on the extractability of phenolic compounds from lyophilised fig fruits (*Ficus carica* L.). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(3), 195-199.

- Bursać Kovačević D., Levaj, B. & Dagović-Uzelac V. (2009). Free radical scavenging activity and phenolic content in strawberry fruit and jam. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74(3), 155-159.
- Buyuktuncel, E., Porgali, E. & Colak, C. (2014). Comparison of total phenolic content and total antioxidant activity in local red wines determined by spectrophotometric methods. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1660–1667.
- Çalışkan O. & Polat A. A. (2008). Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Scientia horticulturae*, 115(4), 360-367.
- Capanoglu E., Beekwilder J., Boyacioglu D., Hall R. & De Vos R. (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 964-973.
- Cardoso C., Afonso C., Lourenço H., Costa S. & Nunes M. L. (2015). Bioaccessibility assessment methodologies and their consequences for the risk–benefit evaluation of food. *Trends in Food Science & Technology*, 41(1), 5-23.
- Casabianca F., Sylvander B., Noël Y., Beranger C., Coulon J. B., Giraud G. & Vincent, E. (2006). Terroir et Typicité: Propositions de définitions pour deux notions essentielles à l’appréhension des Indications Géographiques et du développement durable. *Actes du VIème Congrès International des Terroirs Viticoles*, 3-7.
- Celep E., Charehsaz M., Akçuz S., Acar E.T. & Yesilada E. (2015). Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on the bioavailability of phenolic components and the antioxidant potentials of some Turkish fruit wines. *Food Research International*, 78, 209–215.
- Chaalal M., Ydjedd S., Harkat A., Namoune H. Kati, D. E. (2018). Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on antioxidant potential of three prickly pear variety extracts. *Acta Alimentaria*, 47(3), 333-339.
- Chang S. K., Alasalvar C. & Shahidi F. (2016). Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. *Journal of Functional Foods*, 21, 113–132.
- Chatterton D.E.W., Rasmussen J.T., Heegaard C.W., Sorensen E.S. & Petersen T.E. (2004). *In vitro* digestion of novel milk protein ingredients for use in infant formulas: Research on biological functions. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 373-383.
- Chawla A., Kaur R. & Sharma A. K. (2012). *Ficus carica* Linn.: A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 1(4), 215-232.
- Cheftel J.C. & Cheftel H. (1984). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. *TEC et DOC- Lavoisier, Paris, 4^{ème} tirage*, volume 1, 379 p.
- Chen G. L., Chen S. G., Chen F., Xie Y. Q., Han M. D., Luo C. X. & Gao Y. Q. (2016). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of selected fruit seeds subjected to an *in vitro* digestion. *Journal of Functional Foods*, 20, 317-331.
- Chong M. F. F., Macdonald R., & Lovegrove J. A. (2010). Fruit polyphenols and CVD risk: a review of human intervention studies. *British journal of nutrition*, 104(S3), S28-S39.
- Ciqual (2020). Table de composition nutritionnelle des aliments. <https://ciqual.anses.fr/>

- Clifford M. N. (2000). Anthocyanins—nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1063-1072.
- CODEX Stand. (2009). 296. Codex Standard for Jams, Jellies and Marmalades, 1-10.
- Çoklar H. & Akbulut M. (2017). Effect of sun, oven and freeze-drying on anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant activity of black grape (Eksiğara) (*Vitis vinifera* L.). *South African Journal of Enology and Viticulture*, 38(2), 264-272.
- Condit I.J. (1955). Fig varieties: A Monograph Hilgardia. *A Journal of Agricultural Science*, 23(11), 323–539.
- Da Silva D. I., Nogueira G. D., Duzzioni A. G. & Barrozo M. A. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. *Industrial Crops and Products*, 50, 557–562.
- Damodaran S. (2008). Amino acids, peptides, and proteins. In: Damodaran S., Parkin K. L., & Fennema O. R. Fennema's food chemistry. Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. pp 217-329.
- Darjazi B.B. (2011). Morphological and pomological characteristics of fig (*Ficus carica* L.) cultivars from Varamin, Iran. *African Journal of Biotechnology*, 10(82), 19096-19105.
- De Ancos B., Ibanez E., Reglero G. & Cano M. P. (2000). Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(3), 873-879.
- Debib A., Tir-Touili A., Mothana R. A., Meddah B. & Sonnet, P. (2014). Phenolic content antioxidant and antimicrobial activities of two fruit varieties of Algerian *Ficus carica*. *Journal of Food Biochemistry*, 38, 207–215.
- Deepa P., Sowndhararajan K., Kim S. & Park S. J. (2018). A role of *Ficus* species in the management of diabetes mellitus: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 215, 210–232.
- Del Caro A. & Piga A. (2008). Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.). *European Food Research and Technology*, 226, 715–719.
- Desa W. N. M., Mohammad M. & Fudholi A. (2019). Review of drying technology of fig. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 93-103.
- Dewanto V., Wu X., Adom K. K. & Liu R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), 3010-3014.
- Di Sanzo R., Carabetta S., Campone L., Bonavita S., Iaria D., Fuda S. & Russo M. (2018). Assessment of mycotoxins co-occurrence in Italian dried figs and in dried figs-based products. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12536.
- Dubois M., Gilles K. A., Hamilton J. K., Rebers P. T. & Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
- Duenas M., Perez-Alonso J. J., Santos-Buelga C. & Escribano-Bailon T. (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 107–115.

- Dupas C. (2005). Influence des protéines laitières sur le pouvoir antioxydant et la biodisponibilité des polyphénols du café. Thèse de doctorat en sciences alimentaires. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (ENSIA), 260 p.
- Dupont D., Mandalari G., Molle D., Jardin J., Leonil J., Faulks R.M., Wickham M.S.J., Mills E.N.C. & Mackie A.R. (2010). Comparative resistance of food proteins to adult and infant *in vitro* digestion models. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54, 767-780.
- El Bouzidi S. (2002). Le figuier: histoire, rituel et symbolisme en Afrique du Nord. *Dialogues Hist. Ancienne* 28, 103–120.
- Ersoy N., Gozlekci S., Gok V. & Yilmaz S. (2017). Fig (*Ficus carica* L.) fruit some physical and chemical properties. *Acta Horticulturae*, 1173, 329–334.
- Etienne A., Génard M., Lobit P., Mbeguié-A-Mbéguié D. & Bugaud C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of experimental botany*, 64(6), 1451-1469.
- Failla M. L., Huo T. & Thakkar S. K. (2008). *In vitro* screening of relative bioaccessibility of carotenoids from foods. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(Suppl 1), 200–203.
- Faleh E., Oliveira A. P., Valentao P., Ferchichi A., Silva B. M. & Andrade P. B. (2012). Influence of Tunisian *Ficus carica* fruit variability in phenolic profiles and *in vitro* radical scavenging potential. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 22, 1282-1289.
- FAO STAT (2016). Production mondiale et nationale des figues (2015 et 2016). <http://www.fao.org/faostat/fr>. Consulté le 22 décembre 2020.
- Feliachi K. (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, *INRA Alger*, 67 p.
- Feng Y. C., Li W. L., He F. M., Kong T. T., Huang X. W., Gao Z. H. & Li H. L. (2015). Aqueous two - Phase system as an effective tool for purification of phenolic compounds from fig fruits (*Ficus carica* L.). *Separation Science and Technology*, 50, 1785–1793.
- Flaishman M., Rodov V. & Stover E. (2008). The fig: botany, horticulture, and breeding. *Horticultural reviews*, 34, 113-196.
- Fredot E. (2005). Connaissance des Aliments. *TEC & DOC. Lavoisier*, 397p.
- Gallali Y. M., Abujnah Y. S. & Bannani F. K. (2000). Preservation of fruits and vegetables using solar drier: a comparative study of natural and solar drying, III; chemical analysis and sensory evaluation data of the dried samples (grapes, figs, tomatoes and onions). *Renewable Energy*, 19(1-2), 203-212.
- Garrone B. (1998). Le figuier. Les écologistes de l'Euzière. 2ème édition, *Presses du Midi, Montpellier*, 111 p.
- Gausson H., Leroy J.F. & Ozenda P. (1982). Précis de Botanique. Les Végétaux Supérieurs, *Ed. Masson, 2ème édition*, 579 p.
- Gharras H. E. (2009). Polyphenols: Food sources, properties and applications – A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2512–2518.

- Gil-Izquierdo A., Zafrilla P. & Tomás-Barberán F. A. (2002). An *in vitro* method to simulate phenolic compound release from the food matrix in the gastrointestinal tract. *European Food Research and Technology*, 214(2), 155–159.
- Gond N. & Khadabadi S. (2008). Hepatoprotective activity of *Ficus carica* leaf extract on rifampicin-induced hepatic damage in rats. *Indian Journal of Pharmaceuticals Science*, 70, 364–366.
- González-Molina E., Moreno D. A. & García-Viguera C. (2009). A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(4), 1364-1372.
- Guiné R. P., Barroca M. J., Gonçalves F. J., Alves M., Oliveira S. & Correia P. M. (2015). Effect of drying on total phenolic compounds, antioxidant activity, and kinetics decay in pears. *International Journal of Fruit Science*, 15(2), 173-186.
- Gumusay O.A., Borazan A.A., Ercal N., & Demirkol O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chemistry*, 173, 156-162.
- Haesslein D. & Oreiller S. (2008). Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée Heds (Haute école de santé) Genève. *Filière nutrition et diététique*, p. 1-4.
- Halliwell B. & Gutteridge J.M.C. (2007). *Free Radicals in Biology and Medicine*, 4^{ième} ed. Oxford: Oxford University Press, 007.
- Hammou S. A., Fort F., Brabez F. & Saidoun R. (2019). Rôle de l'apprentissage dans la gouvernance territoriale. Le cas d'une indication géographique en Algérie. *Economie rurale*, (4), 47-60.
- Harzallah A., Bhourri A. M., Amri Z., Soltana H. & Hammami M. (2016). Phytochemical content and antioxidant activity of different fruit parts juices of three figs varieties grown in Tunisia. *Industrial Crops and Products*, 83, 255–267.
- Hashemi S. A. & Abediankenari S. (2013). Suppressive effect of fig (*Ficus carica*) latex on esophageal cancer cell proliferation. *Acta Facultatis Medicae Naissensis*, 30, 93–96.
- Hawker J. S., Buttrose M. S., Soemty A. & Possingham J. V. (1972). A simple method for demonstrating macroscopically the location of polyphenolic compounds in grape berries, *Vitis*, 11, 189.
- He J. & Giusti M. M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual review of food science and technology*, 1, 163-187.
- Hidayat M. A., Fitri A. & Kuswandi B. (2017). Scanometry as microplate reader for high throughput method based on DPPH dry reagent for antioxidant assay. *Acta pharmaceutica sinica B*, 7(3), 395-400.
- Hii C. L., Law C. L., Cloke M. & Suzannah S. (2009). Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. *Biosystems engineering*, 102(2), 153-161.
- Hur S. J., Lim B. O., Decker E. A. & McClements D. J. (2011). *In vitro* human digestion models for food applications. *Food chemistry*, 125(1), 1-12.
- Imre L. (2020). Solar drying. In, Mujumdar A.S. Handbook of industrial drying. Ed. CRC Press, Taylor & Francis, pp. 373-452.

- Irget M. E., Aksoy U., Okur B., Ongun A. R. & Tepecik M. (2008). Effect of calcium based fertilization on dried fig (*Ficus carica* L. cv. Sarilop) yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 118, 308-313.
- Ishiwata K., Yamaguchi T., Takamura H. & Matoba T. (2004). DPPH radical scavenging activity and poly phenol content in dried fruits. *Food Science and Technology Research*, 10, 152–156.
- Jackman R. L., Yada R. Y. & Tung M. A. (1987). A review: separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. *Journal of Food Biochemistry*, 11(4), 279-308.
- Jaiswal V., Der Marderosian A., & Porter J. R. (2010). Anthocyanins and polyphenol oxidase from dried arils of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Food Chemistry*, 118(1), 11-16.
- Janowicz M. & Lenart A. (2018). The impact of high pressure and drying processing on internal structure and quality of fruit. *European Food Research and Technology*, 244(8), 1329-1340.
- Jayaraman K. S. & Das Gupta D. K. (2015). Drying of fruits and vegetables. In, Mujumdar A.S. Handbook of industrial drying. 4^{ième} ed. Taylor & Francis Group, LLC, pp. 611-635.
- Jayaraman K. S. & Gupta D. D. (2020). Drying of fruits and vegetables. In, Mujumdar A.S. Handbook of industrial drying. Ed. Taylor & Francis Group, LLC, pp. 643-690.
- Jeauntet R., Croguennec T., Schuck P. & Brulé G. (2008). Sciences des Aliments 1-Stabilisation biologique et physico-chimique. Ed. TEC et DOC- Lavoisier, Paris, 121-141.
- Jeong S. M., Kim S. Y., Kim D. R., Jo S. C., Nam K. C., Ahn D. U. & Lee S. C. (2004). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3389-3393.
- Kader F., Rovel B. & Metche M. (1993). Role of invertase in sugar content in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*, L.). *LWT-Food Science and Technology*, 26(6), 593-595.
- Kakhlon O. & Cabantchik Z.I. (2002). The labile iron pool: characterization, measurement, and participation in cellular processes1. *Free Radical Biology & Medicine*, 33(8), 1037–1046.
- Kamiloglu S. (2016). Bioavailability and bioactivity of black carrot polyphenols using *in vitro* digestion models combined with a co-culture model of intestinal and endothelial cell lines. Thèse de doctorat. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Belgium. 219 p.
- Kamiloglu S. & Capanoglu E. (2013). Investigating the *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 2621–2629.
- Kamiloglu S. & Capanoglu E. (2015). Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun drying. *International Journal of Food Properties*, 18, 521–535.
- Kamiloglu S., Pasli A. A., Ozcelik B., Van Camp J. & Capanoglu E. (2015). Influence of different processing and storage conditions on *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry*, 186, 74–82.
- Kamiloglu S., Toydemir G., Boyacioglu D., Beekwilder J., Hall R. D. & Capanoglu E. (2016). A review on the effect of drying on antioxidant potential of fruits and vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(sup1), S110 S129.

- Kanwal N., Randhawa M. A. & Iqbal Z. (2017). Influence of processing methods and storage on physico-chemical and antioxidant properties of guava jam. *International Food Research Journal*, 24(5), 2017-2027.
- Karakaya S. (2004). Bioavailability of phenolic compounds. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(6), 453-464.
- Kays S. J. (1991). Metabolic processes in harvested products. In, Morton, J. F. Postharvest physiology of perishable plant products. Ed. Springer US, pp. 75-142.
- Kehal F. (2013). Utilisation de l'huile essentielle de *Citrus limon* comme agent conservateur et aromatique dans la crème fraîche. Mémoire de magister. Université Frères Mentouri Constantine 1, Algérie. 124 p.
- Keogh J. B., McInerney J. & Clifton P. M. (2007). The effect of milk protein on the bioavailability of cocoa polyphenols. *Journal of Food Science*, 72(3), S230–S233.
- Khalid S., Malik A. U., Saleem B. A., Khan A. S., Khalid M. S. & Amin M. (2012). Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora). *Scientia Horticulturae*, 135, 137-144.
- Kim D. O. & Padilla-Zakour O. I. (2004). Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: Cherry, plum, and raspberry. *Journal of food science*, 69(9), S395-S400.
- Kim J. S., Kang O. J. & Gweon O. C. (2013). Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 80-86.
- Kislev M.E., Hartmann A. & Bar-Yosef O. (2006). Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science*, 312, 1372–1374.
- Konak R., Kosoglu I. & Yemenicioğlu A. (2017). Effects of different drying methods on phenolic content antioxidant capacity and general characteristics of selected Turkish fig cultivars. *Acta Horticulturae*, 1173, 335–340.
- Kong F. & Singh R. P. (2010). A human gastric simulator (HGS) to study food digestion in human stomach. *Journal of food science*, 75(9), E627-E635.
- Kumar M., Sansaniwal S. K. & Khatak P. (2016). Progress in solar dryers for drying various commodities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 346–360.
- Kumaran A. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food chemistry*, 97(1), 109-114.
- Labtani H., Tadjine L. & Ouaret S. E. (2018). Les contraintes d'exportation de la figue sèche. Thèse de doctorat en sciences, Université Abderrahmane Mira Bejaia, Algérie. 111 p.
- Lacampagne S. (2010). Localisation et caractérisation des tannins dans la pellicule du raisin : Etude de l'impact de l'organisation physico-chimique des parois cellulaires sur la composante tannique, la qualité du fruit et la typicité des raisins de Bordeaux. Thèse de doctorat en sciences, Université Victor Segalen Bordeaux 2. 114 p.
- Lacroix M. (2008). Variations qualitatives et quantitatives de l'apport en protéines laitières chez l'animal et l'homme: implications métaboliques. Thèse de doctorat en sciences, Institut national agronomique Paris-Grignon.

- Lagrange L. & Trognon L. (1995). Produits alimentaires de terroir : Typologie, construction, enjeux. *In, Communication au colloque Qualification des produits et des Territoires* (Vol. 2), 1-12.
- Laleh G. H., Frydoonfar H., Heidary R., Jameei R. & Zare S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four Berberis species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(1), 90-92.
- Lamani O. (2014). Institutions et acteurs locaux dans la valorisation des produits de terroir: quelle démarche locale de valorisation de l'huile d'olive de Beni-Maouche en Kabylie? Thèse de doctorat en science de gestion, Montpellier, SupAgro. 338 p.
- Lansky E. P. & Paavilainen H. M. (2011). Traditional Herbal medicines for Modern Times: Figs: The Genus *Ficus*. Ed. CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000, 383 p.
- Lansky E. P., Paavilainen H. M., Pawlus A. D. & Newman R. A. (2008). *Ficus* spp. (fig): Ethnobotany and potential as anticancer and anti-inflammatory agents. *Journal of Ethnopharmacology*, 119, 195-213.
- Lazreg-Aref H., Mars M., Fekih A., Aouni M. & Said K. (2012). Chemical composition and antibacterial activity of a hexane extract of Tunisian caprifig latex from the unripe fruit of *Ficus carica*. *Pharmaceutical Biology*, 50, 407–412.
- Lee J., Durst R. W. & Wrolstad R. E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC international*, 88(5), 1269-1278.
- Lesschaeve I., Langlois D. & Etievant P. (1991). Effect of short term exposure to low O₂ and high CO₂ atmosphere on quality attributes strawberries. *Journal of Food Science*, 56(1), 50-54.
- Li H., Wang X., Li Y., Li P. & Wang H. (2009). Polyphenolic compounds and antioxidant properties of selected China wines. *Food Chemistry*, 112, 454–460.
- Li R., Shang H., Wu H., Wang M., Duan M. & Yang J. (2018). Thermal inactivation kinetics and effects of drying methods on the phenolic profile and antioxidant activities of chicory (*Cichorium intybus* L.) leaves. *Scientific reports*, 8(1), 1-9.
- Lim Y.Y. & Murtijaya J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 1664–1669.
- Linden G. (1981). Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires: Principe des techniques d'analyse (Vol. II). *Collection Science et Technique Agroalimentaire*. Paris. 434 p.
- Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L. & Randall R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of biological chemistry*, 193, 265-275.
- Macheix J. J. & Fleuriet A. (1990). Fruit phenolics. Ed. CRC press, 392 p.
- Madrau M. A., Piscopo A., Sanguinetti A. M., Del Caro A., Poiana M., Romeo, F. V. & Piga A. (2009). Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology*, 228(3), 441-448.
- Magalhães L. M., Ramos I. I., Barreiros L., Reis S. & Segundo M. A. (2018). Kinetic matching approach for rapid assessment of endpoint antioxidant capacity. *Measurement of Antioxidant Activity & Capacity: Recent Trends and Applications*, 321-331.

- Maghsoudlou E., Kenari R. E. & Amiri Z. R. (2017). Evaluation of antioxidant activity of fig (*Ficus carica*) pulp and skin extract and its application enhancing stability of canola oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 1–11.
- Mahmoudi S., Khali M., Benkhaled A., Boucetta I., Dahmani Y., Attallah Z. & Belbraouet S. (2018). Fresh figs (*Ficus carica* L.): Pomological characteristics, nutritional value, and phytochemical properties. *European Journal of Horticultural Science*, 83(2), 104-113.
- Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. & Jiménez L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747.
- Mazza G. & Miniati E. (2018). Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. *1^{ière} ed. CRC Press, Boca Raton*, 384 p.
- Ménard O., Cattenoz T., Guillemin H., Souchon I., Deglaire A., Dupont D. & Picque D. (2014). Validation of a new *in vitro* dynamic system to simulate infant digestion. *Food chemistry*, 145, 1039-1045.
- Ménard O. & Dupont D. (2014). Atouts et limites des modèles de digestion gastro intestinale: de l'*in vitro* à l'*in vivo*. *Innovations Agronomiques*, 36, 27-41.
- Menichini G., Alfano C., Provenzano E., Marrelli M., Statti G. A. Somma, F. & Conforti F. (2012). Fig latex (*Ficus carica* L. cultivar *Dottato*) in combination with UV irradiation decreases the viability of A375 melanoma cells *in vitro*. *Anticancer Agents Medical Chemistry*, 12, 959–965.
- Mercuri A., Passalacqua A., Wickham M. S., Faulks R. M., Craig D. Q. & Barker S. A. (2011). The effect of composition and gastric conditions on the self emulsification process of ibuprofen-loaded self-emulsifying drug delivery systems: a microscopic and dynamic gastric model study. *Pharmaceutical research*, 28(7), 1540 1551.
- Meziant L. (2014). Etude de l'effet du séchage sur les caractéristiques physico-chimiques et l'activité antioxydante de neuf variétés de figues (*Ficus carica* L.). Mémoire de magister en sciences alimentaires. Université Abd Errahmane Mira de Bejaia, Algérie. 85 p.
- Meziant L., Saci F., Bachir Bey M. & Louaileche M. (2015). Varietal influence on biological properties of Algerian light figs (*Ficus carica* L.). *International Journal of Bioinformatics & Biomedical Engineering*, 1, 237–243.
- Miller N. J. & Rice-Evans C. A. (1997). Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS•+ radical cation assay. *Free radical research*, 26(3), 195-199.
- Minekus M., Marteau P., Havenaar R. & Veld J. H. H. I. T. (1995). A multicompartmental dynamic computer-controlled model simulating the stomach and small intestine. *Alternatives to laboratory animals*, 23(2), 197-209.
- Minekus M., Alminger M., Alvito P., Ballance S., Bohn T., Bourlieu C., Carriere F., Boutrou R., Corredig M., Dupont D., Dufour C., Egger L., Golding M., Karakaya S., Kirkhus B. & Le Feunteun S. (2014). A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food - an international consensus. *Food & function*, 5(6), 1113-1124.
- Mishra K., Ojha H. & Chaudhury N. K. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food chemistry*, 130(4), 1036-1043.

- Mizobutsi G. P., Finger F. L., Ribeiro R. A., Puschmann R., Neves L. L. D. M. & Mota W. F. D. (2010). Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. *Scientia Agricola*, 67(2), 213-217.
- Molly K., Woestyne M. V. & Verstraete W. (1993). Development of a 5-step multi-chamber reactor as a simulation of the human intestinal microbial ecosystem. *Applied microbiology and biotechnology*, 39(2), 254-258.
- Mongi R. J. (2013). Solar drying of fruits and vegetables: dryers' thermal performance, quality and shelf life of dried mango, banana, pineapple and tomato. These de doctorat en sciences. Sokoine University of Agriculture. 328 p.
- Mopuri R., Ganjari M., Meriga B., Koorbanally N. A. & Islam M. S. (2018). The effects of *Ficus carica* on the activity of enzymes related to metabolic syndrome. *Journal of food and drug analysis*, 26(1), 201-210.
- Morelló J. R., Motilva M. J., Tovar M. J. & Romero M. P. (2004). Changes in commercial virgin olive oil (cvArbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chemistry*, 85(3), 357-364.
- Moreno F.J., Quintanilla-Lopez J.E., Lebron-Aguilar R., Olano A. & Sanz M.L. (2008). Mass Spectrometric characterization of glycated beta-lactoglobulin peptides derived from galactooligosaccharides surviving the *in vitro* gastrointestinal digestion. *Journal of American Society for Mass Spectrometry*, 19, 927- 937.
- Morris A., Barnett A. & Burrows O. (2004). Effect of processing on nutrient content of foods. *Cajanus*, 37(3), 160-164.
- Mueller-Harvey I. (2001). Analysis of hydrolysable tannins. *Animal feed science and technology*, 91(1-2), 3-20.
- Muji I., Kralj M. B. & Joki S. (2014). Characterization of volatiles in dried white varieties figs (*Ficus carica* L.). *Journal of food science and technology*, 51(9), 1837-1846.
- Mujic I., Dudas S., Zekovic Z., Lepojevic Z. & Radojkovic M. (2012). Determination of antioxidant properties of fig fruit extracts (*Ficus carica*). *Acta Horticulturae*, 940, 369–376.
- Muredzi P. (2013). Food is Medicine - An Introduction to Nutraceuticals. Ed. Lambert Academic Publishing, 268 p.
- Nadal B. (2009). Synthèse et Evaluation de nouveaux agents de protection contre les rayonnements ionisants. Thèse de doctorat en sciences, Université Paris Sud-Paris XI, 277 p.
- Nagavani V., Madhavi Y., Rao D. B., Rao P. K. & Rao T. R. (2010). Free radical scavenging activity and qualitative analysis of polyphenols by RP-HPLC in the flowers of *Couroupita guianensis* Abul. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural & Food Chemistry*, 9(9), 1471-1484.
- Nakilcioglu E. & Hisil Y. (2013). Research on the phenolic compounds in Sarilop (*Ficus carica* L.) fig variety. *The Journal of Food*, 38, 267–274.
- Nakorn S. & Chalumpak C. (2016). Effect of tree age and fruit age on fruit development and fruit quality of Pummelo Var. Tabtimsiam. *Journal of Agricultural Technology*, 12(3), 637 645.
- Nielsen S.S. (1997). Food Analysis Laboratory Manual. Ed. Kluwer Academic Plenum Publishers. : NewYork. USA. 800 p.

- Noble J. E. & Bailey M. J. (2009). Quantitation of protein *In*, Duzgunes N. Methods in enzymology. *Ed. Academic Press*, pp. 73-95.
- Dalla Nora C., Müller C. D. R., de Bona G. S., de Oliveira Rios A., Hertz P. F., Jablonski A. & Flôres S. H. (2014). Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 34(1), 18-25.
- Oghbaei M. & Prakash J. (2013). Effects of processing and digestive enzymes on retention, bioaccessibility and antioxidant activity of bioactive components in food mixes based on legumes and green leaves. *Food Bioscience*, 4, 21–30.
- Oksar R. E., Şen F. & Aksoy U. (2017). Effect of drying under plastic tunnels on drying rate and quality of fig (*Ficus carica* L. Sarilop). *ISHS Acta Horticulturae: V International Symposium on Fig*, 1173, 297–302.
- Oliveira A. P., Valentao P., Pereira J. A., Silva B. M., Tavares F. & Andrade P. B. (2009). *Ficus carica* L.: Metabolic and biological screening. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2841–2846.
- Omolola A. O., Jideani A. O., Patrick F. & Kapila P. F. (2017). Quality properties of fruits as affected by drying operation. *Critical Reviews in Food and Nutrition*, 57, 95–108.
- Ouabbas F., Akil A., & Azirou Z. (2019). La stratégie marketing de produit de terroir, cas l'huile d'olive, de l'entreprise d'ifri olive .Thèse de doctorat en sciences, Université Abderrahmane Mira, Béjaia, Algérie. 112 p.
- Ouchemoukh S., Hachoud S., Boudraham H., Mokrani A. & Louaileche H. (2012). Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. *Food Science and Technology*, 49, 329–332.
- Oukabli A. (2003). Le figuier un patrimoine génétique diversifié à exploiter. *Ed. Bull. Mens. d'information Liaison PNTTA*, 106 p.
- Owino W. O., Nakano R., Kubo Y. & Inaba A. (2004). Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Postharvest biology and technology*, 32(1), 67-77.
- Oyaizu M. (1986). Studies on products of browning reaction. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44, 307–315.
- Page D., Gobert M., Remond D., Loonis M. & Buffière C. (2014). Bioaccessibilité et propriétés antioxydantes des polyphénols et caroténoïdes des fruits et légumes dans le tractus digestif. *Innovation. Agronomique*. 36, 69-82.
- Palermo M., Pellegrini N. & Fogliano V. (2014). The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1057–1070.
- Panagopoulou E. A., Chiou A., Kasimatis T. D., Bimpikis M., Mouraka P. & Karathanos V. T. (2021). Dried dates: polar phenols and their fate during *in vitro* digestion. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(2), 1899-1906.
- Panceri C. P., Gomes T. M., De Gois J. S., Borges D. L. & Bordignon-Luiz M. T. (2013). Effect of dehydration process on mineral content, phenolic compounds and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon and Merlot grapes. *Food Research International*, 54(2), 1343-1350.

- Pande G. & Akoh C. C. (2010). Organic acids, antioxidant capacity, phenolic content and lipid characterisation of Georgia-grown underutilized fruit crops. *Food Chemistry*, 120, 1067–1075.
- Pandey K.B. & Rizvi S.I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Med Cell Longev*, 2, 270–278.
- Pascual-Teresa D., Moreno D. A. & García-Viguera C. (2010). Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: a review of current evidence. *International journal of molecular sciences*, 11(4), 1679-1703.
- Patras A., Brunton N. P., Tiwari B. K. & Butler F. (2011). Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1245-1252.
- Patras A., Brunton N.P., O'Donnell C. & Tiwari B.K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3-11.
- Paul V., Pandey R. & Srivastava G.C. (2012). The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene-An overview. *Journal of Food Science & Technology*, 49, 1- 21.
- Peckham G.C. (1964). Jams, jellies and conserves. *In*, Foundation of Food Preparation. *Ed. The Macmillan Company. New York*. Pp. 443–448.
- Pellegrini N., Serafini M., Salvatore S., Del Rio D., Bianchi M. & Brighenti F. (2006). Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50, 1030–1038.
- Pendlington S. & Ward J. P. (1965). Histological examination of some air dried and freeze dried vegetables. *In*, Proceedings of the first international congress of food science and technology. *Ed. Gordon and Breach Science Publisher, London*, pp. 55-64.
- Pereira C., Lopez-Corrales M., Serradilla M. J., Del Carmen Villalobos M., Ruiz- Moyano S. & Martin A. (2017). Influence of ripening stage on bioactive compounds and antioxidant activity in nine fig (*Ficus carica* L.) varieties grown in Extremadura, Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 64, 203–212.
- Perera C. O. (2005). Selected quality attributes of dried foods. *Drying Technology*, 23(4), 717-730.
- Pérez-Vicente A., Gil-Izquierdo A. & García-Viguera C. (2002). *In vitro* gastrointestinal digestion study of pomegranate juice phenolic compounds, anthocyanins, and vitamin C. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(8), 2308-2312.
- Petkova N., Ivanov I., & Denev P. (2019). Changes in phytochemical compounds and antioxidant potential of fresh, frozen, and processed figs (*Ficus carica* L.). *International Food Research Journal*, 26(6), 1881-1888.
- Pinto M., Robineleon S., Appay M. D., KEDINGER M., Triadou N., Dussaulx E., Lacroix B., Simonassmann P.F., Haffen K., Fogh J., Kedinger M., Zweibaum A. & Pinto L.S. (1983). Enterocyte-like differentiation and polarization of the human-colon carcinoma cell-line Caco-2 in culture. *Biocell*, 47, 323-330.

- Poiana M. A., Moigradean D., Dogaru D., Mateescu C., Raba D. & Gergen I. (2011). Processing and storage impact on the antioxidant properties and color quality of some low sugar fruit jams. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(5), 6504-6512.
- Pourghayoumi M., Bakhshi D., Rahemi M. & Jafari M. (2012). Effect of pollen source on quantitative and qualitative characteristics of dried figs (*Ficus carica* L.) cvs “Payves” and “Sabz” in Kazerum Iran. *Scientia Horticulturae*, 147, 98–104.
- Prakash J. & Oghbaei M. (2015). Antioxidant components and their *in vitro* bioaccessibility in processed and stored chickpea and amaranth greens mix. *Hrvatski Časopis Za Prehrambenu Tehnologiju, Biotehnologiju i Nutricionizam*, 10(1–2), 44–50.
- Price K.R. & Rhodes M.J.C. (1997). Analysis of the major flavonol glycosides present in four varieties of onion and changes in composition resulting from autolysis. *Journal of Science, Food and Agriculture*, 74, 331-335.
- Prieto P., Pineda M. & Aguilar M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry*, 269, 337-341.
- Rababah T. M., Al-u'datt M. H., Al-Mahasneh M. A., Feng H., Alothman A. M., Almajwal A. & Abu-Darwish M. (2011). Effect of storage on the physicochemical properties, total phenolic, anthocyanin, and antioxidant capacity of strawberry jam. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9(2 part 1), 101-105.
- Rai A. B., Halder J. & Kodandaram M. H. (2014). Emerging insect pest problems in vegetable crops and their management in India: An appraisal. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 20(2), 113-122.
- Raven J. A. (1987). The role of vacuoles, *New Phytologist*. 106(3), 357-422.
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. & Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radicals in Biology and Medicine*, 26 (9-10), 1231.
- Reddy C. V. K., Sreeramulu D. & Raghunath M. (2010). Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*, 43, 285–288.
- Renna M., Pace B., Cefola M., Santamaria P., Serio, F. & Gonnella M. (2013). Comparison of two jam making methods to preserve the quality of colored carrots. *LWT-Food Science and Technology*, 53(2), 547-554.
- Rhim J.W. (2002). Kinetics of thermal degradation of anthocyanin pigment solutions driven from red flower cabbage. *Food Science and Biotechnology*, 11, 361- 364.
- Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P. & Ribéreau-Gayon P. (1982). Composés phénoliques. In, Ribéreau-Gayon J., Peynaud É., Sudraud P., & Ribéreau-Gayon P. *Traité d'oenologie, sciences et techniques du vin*. Ed. Dunod, pp.477- 499.
- Ribéreau-Gayon P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux, *Ed. Dunod, Paris*, 254 p.
- Robards K., Prenzler P. D., Tucker G., Swatsitang P. & Glover W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food chemistry*, 66(4), 401-436.

- Rodriguez-Mateos A., Heiss C., Borges G. & Crozier A. (2014). Berry (Poly) phenols and cardiovascular health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(18), 3842–3851.
- Roowi S., Mullen W., Edwards C. A. & Crozier A. (2009). Yoghurt impacts on the excretion of phenolic acids derived from colonic breakdown of orange juice flavanones in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53, 68-75.
- Roselló-Soto E., Thirumdas R., Lorenzo J.M., Munekata P.E.S., Putnik P., Roohinejad S. & Barba F.J. (2019). An integrated strategy between gastronomic science, food science and technology, and nutrition in the development of healthy food products. In, Barba F. J., Saraiva J. M. A., Cravotto G. & Lorenzo J. M. Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds. *Ed. Woodhead Publishing*, pp.3-21.
- Rozan M.A. (2017). Carotenoids, Phenolics, Antioxidant Activity and Sensory Attributes of Carrot Jam: Effect of Turmeric Addition. *Egyptian Journal of Food Science*, 45, 113 -123.
- Rubnov S., Kashman Y., Rabinowitz R., Schlesinger M. & Mechoulam R. (2001). Suppressors of cancer cell proliferation from fig (*Ficus carica*) resin: Isolation and structure elucidation. *Journal of Natural Products*, 64, 993–996.
- Sagar V. R. & Kumar P. S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*, 47(1), 15-26.
- Sahli Z. (2009). Produits de terroir et développement local en Algérie : cas des zones rurales de montagnes et de piémonts. In, Tekelioglu Y., Ilbert H. et Tozanli S. Les produits de terroir, les indications géographiques et le développement local durable des pays méditerranéens. Montpellier : *CIHEAM, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 89)*. pp. 305-338
- Scibisz I. & Mitek M. (2009). Effect of processing and storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of high bush blueberry jams. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 59(1), 45-52.
- Sehrawat R. A. C. H. N. A., Babar O. A., Kumar A. N. I. T. & Nema P. K. (2018). Trends in drying of fruits and vegetables. *Technological interventions in the processing of fruits and vegetables*, 1, 109-132.
- Şen F., Aksoy U., Özer K. B., Can H. Z., Köseoğlu İ. & Konak R. (2017). Impact of yearly conditions on major physical and chemical properties of fresh, semi-dried and sun dried fig (*Ficus carica* L. ‘Sarilop’) fruit. *Acta Horticulturae*, (1173), 309–314.
- Seraglio S. K. T., Gonzaga L. V., Schulz M., Vitali L., Mücke G. A., Costa A. C. O., & Borges G. D. S. C. (2018). Effects of gastrointestinal digestion models *in vitro* on phenolic compounds and antioxidant activity of juçara (*Euterpeedulis*). *International Journal of Food Science & Technology*. 53(8), 1824-1831.
- Shahidi F. (2012). Dried fruits: phytochemicals and health effects . *Ed. John Wiley & Sons*. 488 p.
- Shahidi F. & Ambigaipalan P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects - A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897.
- Shahidi F. & Yeo J. (2016). Review Insoluble-Bound Phenolics in Food. *Molecules*, 21, 1216, 1-22.

- Shahidi F., & Ambigaipalan P. (2018). Antioxidants in oxidation control. *In*, Apak R., Capanoglu E. & Shahidi F. *Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications*. Ed. John Wiley and Sons Ltd, pp. 287-320.
- Shalaby E. A. & Shanab S. M. (2013). Antioxidant compounds, assays of determination and mode of action. *African journal of pharmacy and pharmacology*, 7(10), 528-539.
- Shinwari K. J. & Rao P. S. (2018). Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 181-193.
- Siar E. H., Arana-Peña S., Barbosa O., Zidoune M. N. & Fernandez-Lafuente R. (2018). Immobilization/stabilization of ficin extract on glutaraldehyde-activated agarose beads. Variables that control the final stability and activity in protein hydrolyses. *Catalysts*, 8(4), 149.
- Şimşek M. & Yildirim H. (2010). Fruit characteristics of the selected fig genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6056–6060.
- Singh A., Prakash J., Meghwal P. R. & Ranpise S. A. (2015). Fig (*Ficus carica*) *In* Ghosh, S. N. *Breeding of underutilized fruit crops*. Jaya Publishing House New Delhi, 150- 179.
- Škerget M., Kotnik P., Hadolin M., Hraš A.R., Simonič M. & Knez Ž. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 89, 191–198.
- Slatnar A., Klancar U., Stampar F. & Veberic R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 11696–11702.
- Smith D.A. (2003). Jams and preserves: methods of manufacture. *In*, Caballero.B. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Ed. Elsevier/Academic Press, Amsterdam, pp. 3409–3415.
- Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z., Grossman S., Bergman M., Gottlieb H.E., Flaishman M. A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7717–7723.
- Soto-Zamora G., Yahia E. M., Brecht J. K. & Gardea A. (2005). Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT-Food Science and Technology*, 38(6), 657-663.
- Spanos G. A. & Wrolstad R. E. (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 38(7), 1565-1571.
- Statistca (2019). Statista Research Department. <https://fr.statista.com/> consulté le 22 décembre 2020.
- Steinmetz A. (2013). Les produits de terroir en France et leur influence sur l'authenticité perçue de la clientèle en grande distribution. Mémoire de Master programme grandes écoles. Ecole de Management de Strasbourg, 64p.
- Storey W. B. (1975). Figs. *Advances in fruit breeding*, 568-589.
- Su D., Wang Z., Dong L., Huang F., Zhang R., Jia X. & Zhang M. (2019). Impact of thermal processing and storage temperature on the phenolic profile and antioxidant activity of different varieties of lychee juice. *LWT- Food Science and Technology*, 116, 108578, 1-9.

- Subash S., Essa M. M., Al-Asmi A., Al-Adawi S. & Vaishnav R. (2014). Chronic dietary supplementation of 4% figs on the modification of oxidative stress in Alzheimer's disease transgenic mouse model. *BioMed Research International*, 1-8.
- Tagliazucchi D., Verzelloni E., Bertolini D. & Conte A. (2010). *In vitro* bio accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120(2), 599–606.
- Tan N. (2017). Effect of cabinet drying method on dried fruit quality and functional properties of 'Sarilop' (*Ficus carica* L.) fig cultivar, *In V International Symposium on Fig*, 1173, 359–364.
- Tanwar B., Andallu B. & Modgil R. (2014). Influence of processing on physicochemical, nutritional and phytochemical composition of *Ficus carica* L. (fig) products. *Asian Journal of Dairying & Foods Research*, 33(1), 37-43.
- Thakur B.R., Singh R.K. & Handa A.K. (1997). Chemistry and uses of pectin—a review. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 37(1), 47–73.
- Thakur N., Raigond P., Singh Y., Mishra T., Singh B., Lal M. K. & Dutt S. (2020). Recent updates on bioaccessibility of phytonutrients. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 366-380.
- Ting Y., Zhao Q., Xia C. & Huang Q. (2015). Using *in vitro* and *in vivo* models to evaluate the oral bioavailability of nutraceuticals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(5), 1332–1338.
- Tonelli N. & Gallouin F. (2013). Des fruits et des graines comestibles du monde entier. *Ed. Lavoisier, Paris*, 727p.
- Torreggiani A., Tamba M., Trincherò A., Bonora S. (2005). Copper(II)–Quercetin complexes in aqueous solutions : spectroscopic and kinetic properties. *Journal of Molecular Structure*. 744–747.
- Treutter D. (2006). Significance of flavonoids in plant resistance: A review. *Environmental Chemistry Letter*, 4, 147–157.
- Trucksess M. W. & Scott P. M. (2008). Mycotoxins in botanicals and dried fruits: a review. *Food additives and contaminants*, 25(2), 181-192.
- Turan A. & Celik I. (2016). Antioxidant and hepatoprotective properties of dried fig against oxidative stress and hepatotoxicity in rats. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 554–559.
- Türkmen İ. & Ekşi A. (2011). Brix degree and sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Food chemistry*, 127(3), 1404-1407.
- UNECE (2016). United Nations Economic Commission for Europe- UNECE STANDARD DDP-14 concerning the marketing and commercial quality control of DRIED FIGS. United Nations New York and Geneva, 7 p.
- USDA (2020). National Nutrient Database for Standard References <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/> Consulté le 22 décembre 2020.
- Vaghasiya C. M., Parth V. B. & Devang J. P. (2015). Evaluation of anti-acne activity of *Ficus carica* as an evidence of current usage in herbal formulations. *International Journal of PharmTech Research*, 8, 356-359.

- Vallejo F., Marin J. G. & Tomas-Barberan F. A. (2012). Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Food Chemistry*, 130, 485–492.
- Veberic R., Colaric M. & Stampar F. (2008). Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in northern Mediterranean region. *Food Chemistry*, 106, 153–157.
- Vemmos S. N., Petri E. & Stournaras V. (2013). Seasonal changes in photosynthetic activity and carbohydrate content in leaves and fruit of three fig cultivars (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*, 160, 198–207.
- Vermerris W. & Nicholson R. (2006). Phenolic Compound Biochemistry. *Springer Netherlands*, 276 p.
- Vibhakara H. S. & Bawa A. S. (2006). Manufacturing jams and jellies. In, Hui Y. H. Handbook of fruits and fruit processing. Ed. *Blackwell Publishing*, pp.189–204.
- Vidaud J. (1997). Le figuier : monographique. Ed. *Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes*, Paris, 263 p.
- Vidinamo F., Fawzia S. & Karim M. A. (2020). Effect of drying methods and storage with agro-ecological conditions on phytochemicals and antioxidant activity of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–9.
- Vijaya Kumar Reddy C., Sreeramulu D. & Raghunath M. (2010). Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*, 43, 285–288.
- Villalobos M. C., Serradilla M. J., Martín A., Pereira C., López-Corrales M. & Córdoba M. G. (2016). Evaluation of different drying systems as an alternative to sun drying for figs (*Ficus carica* L.). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 156–165.
- Viuda-Martos M., Barber X., Perez-Alvarez J. A. & Fernandez-Lopez J. (2015). Assessment of chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of fig (*Ficus carica* L.) powder co-products. *Industrial Crops and Products*, 69, 472–479.
- Wicklund T., Rosenfeld H. J., Martinsen B. K., Sundfjør M. W., Lea P., Bruun T. & Haffner K. (2005). Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 38(4), 387–391.
- Wienk K. J. H., Marx J. J. M. & Beynen A. C. (1999). The concept of iron bioavailability and its assessment. *European Journal of Nutrition*, 38(2), 51–75.
- Wu X., Beecher G. R., Holden J. M., Haytowitz D. B., Gebhardt S. E. & Prior R. L. (2006). Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(11), 4069–4075.
- Xanthopoulos G., Yanniotis S. & Lambrinos G. (2009). Water diffusivity and drying kinetics of air drying of figs. *Drying Technology*, 27(3), 502–512.
- Ydjedd S., Bouriche S., Lopez-Nicolas R., Sanchez-Moya T., Frontela-Saseta C., Ros-Berruezo G., Rezgui F., Louaileche H. & Kati D.E. (2017). Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on encapsulated and nonencapsulated phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp extracts and their antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 827–835.

- Yemis O., Bakkalbas E. & Artık N. (2012). Changes in pigment profile and surface colour of fig (*Ficus carica* L.) during drying. *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1710–1719.
- Yildirim A., Oktay M. & Bilaloglu V. (2001). The antioxidant activity of the leaves of *Cydonia vulgaris*. *Turkish journal of medical sciences*, 31, 23–27.
- Zemouri S. (2010). Comparaison de l'activité antioxydante d'extraits de deux variétés de figues sèches : effets des conditions d'extraction. Mémoire de magister en biologie. Université Abderrahmane Mira Bejaia, Algérie. 65 p.
- Zhang Z., Lv G., Pan H., Wu Y. & Fan L. (2009). Effects of Different Drying Methods and Extraction Condition on Antioxidant Properties of Shiitake (*Lentinus edodes*). *Food Science and Technology Research*, 15(5), 547–552.
- Zoubiri L., Bakir S., Barkat M., Carrillo C. & Capanoglu E. (2019). Changes in the phenolic profile, antioxidant capacity and *in vitro* bioaccessibility of two Algerian grape varieties, Cardinal and Dabouki (Sabel), during the production of traditional sun-dried raisins and homemade jam. *Journal of Berry Research*, 9(4), 709-724.

5. Chaalal, M., Ydjedd, S., Harkat, A., Namoune, H. & Kati, D. (2018). Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on antioxidant potential of three prickly pear variety extracts. *Acta Alimentaria*, 47(3), 333-339. <https://doi.org/10.1556/066.2018.47.3.9>
6. Chawla, A., Kaur, R. & Sharma, A.K. (2012). *Ficus carica* Linn.: A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 1(4), 215-232.
7. Chen, G-L., Chen, S-G., Chen, F., Xie, Y-Q., Han, M-D., Luo, C-X., Zhao, Y-Y. & Gao, Y-Q. (2016). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of selected fruit seeds subjected to an *in vitro* digestion. *Journal of Functional Foods*, 20, 317-331. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.003>
8. De Ancos, B., Ibanez, E., Reglero, G. & Cano, M.P. (2000). Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 873-879. <https://doi.org/10.1021/jf990747c>
9. Debib, A., Tir-Touil, A., Mothana, R.A., Meddah, B. & Sonnet, P. (2014). Phenolic Content, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Two Fruit Varieties of Algerian *Ficus carica* L. *Journal of Food Biochemistry*, 38(2), 207-215. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12039>
10. Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K. & Liu, R.H. (2002). Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
11. Dupas, C., Marsset-Baglier, A.C., Ordonaud, C.S., Ducept, F.M.G. & Maillard, M-N. (2005). Coffee Antioxidant Properties: Effects of Milk Addition and Processing Conditions. *Journal of Food Science*, 71(3), S253-S258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15650.x>
12. Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2014. FAOSTAT database. <http://faostat.fao.org> (accessed 14 February 2018).
13. Granese, T., Cardinale, F., Cozzolino, A., Pepe, S., Ombra, M.N., Nazzaro, F., Coppola, R. & Fratianni, F. (2014). Variation of Polyphenols, Anthocyanins and Antioxidant Power in the Strawberry Grape (*Vitis labrusca*) after Simulated Gastro-Intestinal Transit and Evaluation of *in vitro* Antimicrobial Activity. *Food and Nutrition Sciences*, 05(1), 60-65. DOI:10.4236/fns.2014.51008
14. Gullon, B., Pintado, M.E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. & Viuda-Martos, M. (2015). *In vitro* gastrointestinal digestion of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from co-products: Changes in the antioxidant potential and bioactive compounds stability. *Journal of Functional Foods*, 19, 617-628. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.056>
15. Gümüşay, Ö.A., Borazan, A.A., Ercal, N. & Demirkol, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chemistry*, 173, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.162>
16. Jolayemi, O.S., Olanrewaju, O.J. & Ogunwale, O. (2020). Exploring *in vitro* antioxidant activity and physicochemical properties of selected under-exploited tropical fruits. *Acta Universitatis Cibinensis, Series E: Food Technology*, 24(2), 165-174. <https://doi.org/10.2478/auaft-2020-0015>
17. Kamiloglu, S. & Capanoglu, E. (2013). Investigating the *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica* L.). *International Journal of Food Science Technology*, 48(12), 2621-2629. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12258>
18. Kamiloglu, S., Pasli, A.A., Ozcelik, B., Van Camp, J. & Capanoglu, E. (2015). Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and *in vitro* gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 13, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.021>
19. Kamiloglu, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Hall, R.D. & Capanoglu, E. (2016). A Review on the Effect of Drying on Antioxidant Potential of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, S110-S129. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1045969>
20. Kumaran, A. & Joel karunakaran, R. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.032>
21. Li, R., Shang, H., Wu, H., Wang, M., Duan, M. & Yang, J. (2018). Thermal inactivation kinetics and effects of drying methods on the phenolic profile and antioxidant activities of chicory (*Cichorium intybus* L.) leaves. *Scientific Reports*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27874-4>

22. Lim, Y.Y. & Murtijaya, J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT food science and technology*, 40(9), 1664-1669. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.12.013>
23. Matłok, N., Gorzelany, J., Piechowiak, T. & Balawejder, M. (2020). Influence of drying temperature on the content of bioactive compounds in scots pine (*Pinus sylvestris L.*) Shoots as well as yield and composition of essential oils. *Acta Universitatis Cibinensis, Series E: Food Technology*, 24(1), 15-24. <https://doi.org/10.2478/auaft-2020-0002>
24. Minekus, M., Alvinger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carriere, F., Boutrou, R., Corredig, M. & Dupont, D. (2014). A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & function*, 5(6), 1113-1124. DOI: [10.1039/C3FO60702J](https://doi.org/10.1039/C3FO60702J)
25. Mishra, K., Ojha, H. & Chaudhury, NK. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. *Food Chemistry*, 130(4), 1036-1043. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.127>
26. Mizobutsi, G.P., Finger, F.L., Ribeiro, R.A., Puschmann, R., Neves, L.L.D.M. & Mota, W.F.D. (2010). Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. *Scientia Agricola*, 67(2), 213-217. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000200013>
27. Morelló, J.-R., Motilva, M.-J., Tovar, M.-J. & Romero, M.-P. (2004). Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. *Food Chemistry*, 85(3), 357-364. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.012>
28. Mueller-Harvey, I. (2001). Analysis of hydrolysable tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 91(1-2), 3-20. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00227-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00227-9)
29. Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44(6), 307-315.
30. Prieto, P., Pineda, M. & Aguilar, M., (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E1. *Analytical biochemistry*, 269(2), 337-341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>
31. Roowi, S., Mullen, W., Edwards, C.A. & Crozier, A. (2009). Yoghurt impacts on the excretion of phenolic acids derived from colonic breakdown of orange juice flavanones in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53, S68-S75. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800287>
32. Saura-Calixto, F., Serrano, J. & Goñi, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry*, 101(2), 492-501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.006>
33. Seraglio, S.K.T., Gonzaga, L.V., Schulz, M., Vitali, L., Micke, G.A., Costa, A.C.O., Fett, R. & Borges, G.D.C. (2018). Effects of gastrointestinal digestion models *in vitro* on phenolic compounds and antioxidant activity of juçara (*Euterpe edulis*). *International Journal of Food Science Technology*, 53(8), 1824-1831. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13816>
34. Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A.R., Simonič, M. & Knez, Ž. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89(2), 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>
35. Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z. & Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant Activities and Anthocyanin Content of Fresh Fruits of Common Fig (*Ficus carica L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7717-7723. <https://doi.org/10.1021/jf060497h>
36. Spanos, G.A. & Wrolstad, R.E. (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson Seedless grape juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(7), 1565-1571. <https://doi.org/10.1021/jf00097a030>
37. Treutter, D. (2006). Significance of flavonoids in plant resistance: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 4(3), 147-157. <https://doi.org/10.1007/s10311-006-0068-8>
38. Ydjedd, S., Bouriche, S., López-Nicolás, R., Sánchez-Moya, T., Frontela-Saseta, C., Ros-Berruezo, G., Rezgui, F., Louaiche, H. & Kati, D.E. (2017). Effect of *in Vitro* Gastrointestinal Digestion on Encapsulated and Nonencapsulated Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia siliqua L.*) Pulp Extracts and Their Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(4), 827-835. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05103>
39. Zoubiri, L., Bakir, S., Barkat, M., Carrillo, C. & Capanoglu, E. (2019). Changes in the phenolic profile, antioxidant capacity and *in vitro* bioaccessibility of two Algerian grape varieties, Cardinal and Dabouki

(Sabel), during the production of traditional sun-dried raisins and homemade jam. *Journal of Berry Research*, 9(4), 709-724. DOI: [10.3233/JBR-190432](https://doi.org/10.3233/JBR-190432)

Abstract

To manage the seasonal production surplus of figs, some families and cooperatives resort to the traditional processing. The impact of these traditional processes has not been sufficiently addressed by the literature. An important challenge is therefore to determine how to effectively preserve the antioxidant content of fruits from harvesting until consumption. In this context, the objectives of this thesis are: (i) to know the traditional methods of drying figs in the sun and the preparation of jam based on figs; (ii) the physicochemical characterization of fresh and dried figs and fig jams; (iii) the study of the bioaccessibility of phenolic compounds and their antioxidant activity during *in vitro* gastrointestinal digestion, while taking into account the varietal effect and the effect of sun drying. The varieties treated in this study are *Aberkane*, *Azanjar* and *Taamriwt*. To achieve these objectives, initially a survey was carried out in the Bejaia, Jijel, Skikda and Guelmaa cities. The survey showed that traditional drying and artisanal preparation of jam are the most widely used methods for preserving figs. The determination of the levels of phenolic compounds (total polyphenols, total flavonoids and total anthocyanins) was carried out by colorimetric methods. The evaluation of the antioxidant and anti-free radical potential was estimated *in vitro* by four tests (ABTS, DPPH, CUPRAC and FRAP). High performance diode array detector liquid chromatography (HPLC-DAD) was used to determine the phenolic profile of the various fig samples. The results indicated that the sun drying of figs and the preparation of jam have had a different influence on the physicochemical characteristics of figs. The levels of some phenolic compounds are negatively influenced by sun drying and processing into jam. Very considerable losses vary from 52.02 to 61.58% for sun-dried figs and from 52.21 to 69.38% for figs processed into jam. The two traditional processes applied also seem to negatively influence the antioxidant capacity. Likewise, positive correlations have been noted between antioxidant activity and the levels of phenolic compounds in dried figs and prepared jams. The static model of Minekus et al. (2014) of *in vitro* gastrointestinal digestion is used to study the bioaccessibility of phenolic compounds and their antioxidant activity. The content of phenolic compounds and the antioxidant capacity of fresh and dried figs obtained before digestion are significantly ($p < 0.05$) higher than those obtained after digestion. A significant decrease ($p < 0.05$) in the levels of phenolic compounds and their antioxidant activity was observed during the different phases of digestion (oral phase > gastric phase > intestinal phase). During *in vitro* gastrointestinal digestion, the varietal and drying effects are not significant on the phenolic compounds and on their antioxidant activity. Likewise, fresh and dried figs retained a high content of these compounds after digestion.

Key words: Figs, jam, sun drying, traditional, phenolic compounds, antioxidant activity, bioaccessibility, *in vitro* gastrointestinal digestion.

ملخص

لإدارة فائض الإنتاج الموسمي للتين، تلجأ بعض العائلات والتعاونيات إلى المعالجة التقليدية لهذا الفائض. لم يتم تناول تأثير هذه العمليات التقليدية بشكل كافٍ في المؤلفات السابقة. لذلك فإن التحدي المهم هو تحديد كيفية الحفاظ بشكل فعال على محتوى مضادات الأكسدة في الفاكهة من الجمع حتى الاستهلاك. في هذا السياق، الأهداف المسطرة في هذه الدراسة هي: (1) معرفة الطرق التقليدية لتجفيف التين في الشمس وتحضير مربى التين. (2) تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتين الطازج والمجفف ومربى التين؛ (3) دراسة إمكانية الوصول البيولوجي للمركبات الفينولية ونشاطها كمضاد للأكسدة أثناء الهضم المخبري، مع مراعاة تأثير الأصناف وتأثير التجفيف الشمسي. الأصناف المعالجة في هذه الدراسة هي: أبركان وأزنجار وتعمريوت. ولتحقيق هذه الأهداف، تم في البداية إجراء استبيان في ولايات بجاية وجيجل وسكيكدة وقالمة. اتضح أن التجفيف التقليدي وتحضير الحرفي للمربى هما أكثر الطرق شيوعاً لحفظ التين. تم تحديد مستويات المركبات الفينولية (البوليفينول الكلي، الفلافونويد الكلي والأنثوسيانين الكلي) بالطرق اللونية. تم تقدير قيم مضادات الأكسدة ومضادات الجذور الحرة في المختبر من خلال أربعة اختبارات: ABTS DPPH CUPRAC FRAP لتحديد المظهر الفينولي لعينات التين المختلفة تم استخدام كروماتوجرافيا السائل HPLC-DAD. تشير النتائج الرئيسية المتحصل عليها إلى أن التجفيف الشمسي للتين وتحضير المربى لهما تأثير مختلف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتين. تتأثر مستويات بعض المركبات الفينولية سلباً بالتجفيف الشمسي ومعالجتها في المربى. تتراوح الخسائر الكبيرة جداً من 52.02 إلى 61.58% للتين المجفف بالشمس ومن 52.21 إلى 69.38% للتين المعالج في المربى. يبدو أن العمليتين التقليديتين المطبقتين تؤثران سلباً على قدرة مضادات الأكسدة. وبالمثل، لوحظ وجود ارتباطات موجبة وذات دلالة عالية بين نشاط مضادات الأكسدة ومستويات المركبات الفينولية في التين المجفف وفي المربى. يستخدم النموذج الثابت لمينكوس وآخرون (2014) في الهضم المخبري لدراسة إمكانية الوصول البيولوجي للمركبات الفينولية ونشاطها المضاد للأكسدة. محتوى المركبات الفينولية والقدرة المضادة للأكسدة للتين الطازج والمجفف الذي تم الحصول عليه قبل الهضم أعلى بشكل ملحوظ ($p < 0.05$) من تلك التي تم الحصول عليها بعد الهضم. لوحظ انخفاض كبير ($p < 0.05$) في مستويات المركبات الفينولية ونشاطها المضاد للأكسدة خلال مراحل الهضم المختلفة (المرحلة الفموية < الطور المعدي < الطور المعوي). أثناء عملية الهضم المعدي المعوي في المختبر، لا تكون تأثيرات التنوع والتجفيف مهمة على المركبات الفينولية وعلى نشاطها المضاد للأكسدة. وبالمثل، احتفظ التين الطازج والمجفف بمحتوى عالٍ من هذه المركبات بعد الهضم.

الكلمات الرئيسية: التين، المربى، التجفيف الشمسي، المركبات الفينولية، نشاط مضادات الأكسدة، إمكانية الوصول الحيوي، الهضم المخبري.

Résumé

Pour gérer le surplus de la production saisonnière des figues, certaines familles et coopérations recourent à leur transformation traditionnelle. L'impact de ces procédés traditionnels n'a pas été suffisamment abordé par la littérature. Un important défi consiste donc à déterminer comment préserver de manière efficace le contenu en antioxydants des fruits de la collecte jusqu'à la consommation. Dans ce contexte, les objectifs visés sont, (i) de connaître les procédés traditionnels de séchage des figues au soleil et de la préparation de la confiture à base de figues; (ii) la caractérisation physicochimique des figues fraîches et sèches et des confitures de figues; (iii) l'étude de la bioaccessibilité des composés phénoliques et leur activité antioxydante au cours de la digestion gastro-intestinale *in vitro*, tout en tenant compte de l'effet variétal et de l'effet du séchage au soleil. Les variétés traitées dans cette étude sont : *Aberkane*, *Azanjar* et *Taamriwt*. Pour atteindre ces objectifs, initialement une enquête a été réalisée dans les wilayas de Bejaia, Jijel, Skikda et Guelmaa. Il s'avère que le séchage traditionnel et la préparation artisanale de confiture sont les méthodes les plus pratiquées pour la conservation des figues. La détermination des teneurs en composés phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et anthocyanines totaux) a été réalisée par des méthodes colorimétriques. L'évaluation du potentiel antioxydant et antiradicalaire a été estimée *in vitro* par quatre tests (ABTS, DPPH, CUPRAC et FRAP). La chromatographie liquide à haute performance à détecteur à barrette de diodes (CLHP-DAD) a été utilisée pour déterminer le profil phénolique des différents échantillons de figues. Les principaux résultats obtenus indiquent que le séchage solaire des figues et la préparation de confiture ont influencé différemment les caractères physicochimiques des figues. Les teneurs en certains composés phénoliques sont négativement influencées par le séchage solaire et la transformation en confiture. Des pertes très considérables varient de 52,02 à 61,58 % pour les figues séchées au soleil et de 52,21 à 69,38 % pour les figues transformées en confiture ont été enregistrées. Les deux procédés traditionnels appliqués semblent également influencer négativement la capacité antioxydante. De même, des corrélations positives et hautement significatives ont été notées entre l'activité antioxydante et les teneurs en composés phénoliques dans les figues sèches et les confitures préparées. Le modèle statique de Minekus *et al.* (2014) de la digestion gastro-intestinale *in vitro* est utilisé pour étudier la bioaccessibilité des composés phénoliques et leur activité antioxydante. La teneur en composés phénoliques et la capacité antioxydante des figues fraîches et sèches obtenues avant la digestion sont significativement ($p < 0,05$) supérieures à celles obtenues après la digestion. Une diminution significative ($p < 0,05$) des teneurs en composés phénoliques et de leur activité antioxydante a été observée au cours des différentes phases de la digestion (phase orale > phase gastrique > phase intestinale). Lors de la digestion gastro-intestinale *in vitro*, les effets "variétal" et du "séchage" ne sont pas significatifs sur les composés phénoliques et sur leur activité antioxydante. De même, les figues fraîches et sèches ont conservé une teneur élevée en ces composés après la digestion.

Mot clé : Figes, confiture, séchage au soleil, traditionnelle, composés phénoliques, activité antioxydante, bioaccessibilité, digestion gastro-intestinale *in vitro*.