

Effet du Cultivar, du Prétraitement et de la Technique de Séchage sur Quelques Paramètres Physico-Chimiques des Figes Séchées de Sept Cultivars Locaux du Figuier (*Ficus Carica* L.) au Maroc

Ait Haddou L

*Département d'Arboriculture Viticulture
Ecole Natinoale d'Agriculture, B.P. S-40, Meknès, Maroc
E-mail: aithaddou_lhoussain@yahoo.fr
Tel: +212-06-64803024; Fax: +212-05-300238*

Blenzar A

*Département de Biologie, Faculté des Sciences
Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc*

Messaoudi Z

*Département d'Arboriculture Viticulture
Ecole Natinoale d'Agriculture, B.P. S-40, Meknès, Maroc*

Van Damme P

*Département de la Production des Plantes, Laboratoire d'Agronomie
Tropicale et Subtropicale et d'Ethnobotanique, Université de Gent, Gent, Belgique*

Boutkhil S

*Département d'Arboriculture Viticulture
Ecole Natinoale d'Agriculture, B.P. S-40, Meknès, Maroc*

Et Boukdame A

*Département d'Arboriculture Viticulture
Ecole Natinoale d'Agriculture, B.P. S-40, Meknès, Maroc*

Résumé

Le séchage des figes (fruits du *Ficus carica* L. Rosaceae), au Maroc, est généralement réalisé de façon traditionnelle sans aucun traitement préalable. Avec une telle façon longue on peut craindre la réhydratation nocturne, des contaminations par *Aspergillus flavus* et la détérioration des fruits: ceci emmène à un produit fini de qualité médiocre. Ces problèmes peuvent être surmontés par l'utilisation de certains prétraitements physico-chimiques et par l'amélioration de la méthode de séchage traditionnelle. Pour améliorer les conditions et réduire la durée de séchage; des tests sur l'effet du cultivar, de certains prétraitements et de la technique adoptée sur la durée du séchage et la qualité physico-chimique des figes séchées des cultivars: "Hzzat", "Ournaksi", "Lemtel", "El Beida", "Khoubzi", "Sebti" et "Nabout" ont été menés. En effet, les fruits mûrs de chaque cultivar ont été traités par un trempage alcalin plus une sulfitation ou uniquement par sulfitation; et ils ont en suite subi une déshydratation sous tunnel et à l'air libre.

Les résultats obtenus ont montré l'effet du cultivar sur la durée de séchage, le diamètre du fruit, la teneur en matière sèche, en matière minérale, en matière organique, en fibres totaux, en protéines totales, en glucose, en fructose, en potassium, en calcium et en magnésium. Le cultivar "Ournaksi" a nécessité moins du temps de séchage et possède plus de potassium et du fructose; le diamètre du cultivar "El Beida" et sa teneur en matière sèche, en glucose, en calcium et en magnésium sont les plus élevés. "Khoubzi" possède une teneur en fibres et en protéines plus importante et a aussi un diamètre assez élevé. "Lemtel" a détenu aussi des valeurs assez importantes en potassium et en magnésium.

Le traitement et la technique ont un effet uniquement sur la durée de séchage. En effet, l'analyse des résultats a montrée que le traitement alcalin a permis un gain de 12 à 32% sur la durée de séchage sous tunnel selon le cultivar. Le minimum et le maximum ont été enregistrés, respectivement, pour les cultivars "Nabout" et "Khoubzi". Pour le séchage à l'air libre, le gain sur la durée de séchage par le traitement est de 8 à 18% selon le cultivar. Le minimum et le maximum ont été enregistrés, respectivement, pour les cultivars "Khoubzi" et "Hzzat". Le séchage sous tunnel est plus rapide qu'à l'air libre et a permis d'économiser de 30 à 64% en temps de séchage, selon le cultivar, par rapport au séchage à l'air libre. Le minimum et le maximum ont été enregistrés, respectivement, pour les cultivars "Nabout" et "Khoubzi".

Motsclés: Traitement alcalin, sulfitation, tunnel, air libre, durée de séchage, qualité organoleptique.

Introduction

Le figuier (*Ficus carica L.*, Moraceae) est l'une des espèces fruitières la plus importante dans le bassin méditerranéen [1,2]. Au Maroc, elle occupe une superficie qui avoisine 52606 hectares avec une production annuelle en figes fleurs et figes d'automne (fraîches et sèches) d'environ 101989 tonnes [3]. L'essentiel de cette production provient du nord du pays où le figuier se place parmi les espèces fruitières ayant une importance économique majeure notamment dans la province de « Taounate ». Avec une superficie qui avoisine 22000 hectares (soit 43% de la superficie du figuier à l'échelle nationale et 5% du patrimoine arboricole national) et une production d'environ 30000 tonnes de figes fraîches et sèches par an (soit 52% de la production nationale), le figuier constitue ainsi un véritable levier de l'économie de cette région [4].

Les habitants des régions du nord du pays sont de très consommateurs de figes. Ces dernières sont délicieuses, nutritives et possèdent des propriétés médicinales [5], elles sont consommées fraîches, séchées ou conservées en confites [6].

Dans les pays en voie de développement, la perte des produits agricoles due à une surproduction pendant la période des récoltes et au manque de moyens de stockage s'élève au environ de 30 à 40% de la production globale, {Jayaraman & Gupta, 1995}. Comme la majorité des fruits climactérique, les figes sont hautement périssables et ne peuvent pas être stockées pendant une période plus longue en conditions ambiantes [7]. En effet, à une température de 7 à 10°C et une humidité relative de 80 à 85% elles peuvent être stockées pendant 15 à 20 jours [8].

Conscient de tous ces problèmes, les agriculteurs procèdent à un séchage solaire qui consiste à cueillir des fruits partiellement séchés de tous les cultivars et ramasser ceux tombés par terre pour exposer ce mélange, sur les toits et aux terrasses des maisons, aux rayons solaires durant plusieurs jours. Cette longue façon de faire, tributaire des conditions climatiques, augmente dramatiquement la durée de séchage et le potentiel de contamination par *l'Aspergillus flavus* et par conséquent une plus grande chance de détérioration des fruits et de développement de l'aflatoxine [9].

Pour améliorer le processus de séchage solaire en générale des essais ont été réalisés sur la mangue séchée à l'aide d'une déshydratation osmotique en combinaison avec d'autres méthodes de séchage [10, 11,12].D'autres recherches ont été publiés sur la déshydratation artificielle par l'air chaud d'autres fruits méditerranéens typiques comme les abricots et les prunes [13, 14, 15, 16, 17, 18].Cependant, l'opération de séchage conventionnelle est une opération dévoratrice d'énergie. En effet, dans les pays développés, environ 12 à 25% de la demande totale d'énergie primaire est consacrée au séchage [19].

L'objectif du présent travail est de voir comment il serait possible de réduire la durée de séchage solaire par l'application de certains prétraitements physico-chimiques et par l'amélioration de la technique de séchage traditionnelle afin d'avoir un produit fini de meilleure qualité.

Matériel et Méthodes

Matière Première

Les fruits utilisés pour les tests sont des figues à peau verte issues de cultivars, âgé de 5 ans, qui ont été prospectés au nord du pays, récoltés et multipliés au sein d'une pépinière puis installés dans une collection à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès depuis 2006. Les figues qui ont fait l'objet des tests ont été caprifiées au moment de leur réceptivité. La maturité a été jugée optimale lorsque la figue se flétrit et que son port n'est plus érigé sur le rameau, la peau du fruit est légèrement craquelée, le pédoncule devient sec et translucide et le fruit se détache facilement avec son pédoncule [20]. Le tableau 1 représente quelques caractéristiques de la matière première qui a été utilisée pour tester l'effet du cultivar, des prétraitements et de la technique adoptée sur la durée de séchage et la qualité physico-chimique des figues séchées

Tableau 1: Quelques caractéristiques du matériel végétal utilisé pour l'étude

Cultivars	Solides solubles totaux (°Brix)	Acidité titrable (g/l)	Poids moyen (g)	Activité d'eau initiale	Humidité initiale (%)	Matière sèche (%)
Hzzat	18,10	0,23	16,52	0,87	54,57	45,43
Ournaksi	26,60	0,40	22,97	0,76	60,00	40,00
Lemtel	23,00	0,93	16,70	0,54	54,00	46,00
El beida	20,00	0,90	29,20	0,72	66,62	33,38
Khoubzi	17,40	0,43	35,70	0,80	73,40	26,60
Sebti	23,40	1,25	19,30	0,81	56,61	34,39
Nabout	25,80	0,95	13,70	0,62	56,59	34,41

Prétraitements

Traitements Physiques

Pendant les périodes de maturités des figues au cours des années 2011 et 2012 ; une centaine de fruits à maturité avancée a été récoltée au hasard sur trois arbres de chaque cultivar puis transportée au laboratoire pour subir le triage, le calibrage, le lavage avec l'eau potable puis l'égouttage avant d'être traités chimiquement.

Traitements Chimiques

Test préliminaire

Pour déterminer les conditions du traitement chimique pour chaque cultivar avant de procéder au séchage proprement dit; une trentaine de figues traitées physiquement, de chaque cultivar, a été reparti dans 6 béchers contenant des solutions de NaOH de concentrations allant de 1 à 6% (m/v). La concentration de NaOH et le temps de trempage correspondant qui varient selon les cultivars (Tableau 2) avaient été notés une fois des craquelures apparaissent à la surface de la peau des figues trempées.

Ce traitement chimique a pour but de créer des microfissures sur la peau des fruits ce qui favorise d'avantage l'évaporation de l'eau au cours du séchage [21].

Tableau 2: Concentrations et temps de trempage retenus pour chaque cultivar

Cultivars	Concentrations de NaOH (%)	Temps de trempage (min)
Hzzat	3	8
Ournaksi	2	8
Lentel	3	8
El beida	2,5	7
Khoubzi	2	6
Sebti	2,5	8
Nabout	2	8

Traitement Proprement Dit

Une fois les conditions de traitement chimique ont été déterminées (Tableau 2). La moitié du reste des figes traitées physiquement, de chaque cultivar, destinées au séchage proprement dit ont subit les traitements suivant

1. Trempage dans la solution de NaOH de concentration maintenant connue durant le temps approprié, puis lavage abondant avec l'eau potable pour éliminer l'excès de soude;
2. Pulvérisation à l'aide d'une solution de Na₂S₂O₅ de concentration 0,5% (m/v) suivi d'un égouttage ce qui permet aux figes de garder leur couleur initiale au cours du séchage; et.
3. La deuxième moitié des figes traitées physiquement n'a subit que la sulfitation (Témoins).

Techniques De séchage

Après égouttage, les figes traitées et celles témoins, de chaque cultivar, ont été reparti sur huit claies de séchage en plastique. Une fois pesées, les quatre claies contenant les figes traitées et celles contenant les figes témoins ont été séparées deux à deux et mises au séchage sous tunnel et à l'air libre. A chaque deux heures, les claies ont été pesées pour suivre la perte en poids des figes pour les deux techniques. Le séchage a été arrêté une fois la masse finale (qui correspond à une humidité finale de 20 à 25%) déterminée au préalable est atteinte [22]. La masse finale à atteindre a été déterminée comme suit:

Détermination De L'humidité Initiale des Figes Destinées au Séchage

Une masse de figes à maturité avancée (m_i) a été mise à l'étuve à $102 \pm 3^\circ\text{C}$ pendant 24 h. Après refroidissement dans un dessiccateur, la masse a été pesée pour obtenir le poids final (m_f). L'humidité initiale est calculée à l'aide de la formule:

$$H_i = [(m_i - m_f) / m_i] * 100.$$

La présente méthode est basée sur la méthode prescrite par l'AOAC: AOAC Official Method 934.06

Calcul de la Masse Finale à Atteindre Pour Arrêter le Séchage

Après avoir déterminé l'humidité initiale des figes destinées au séchage de chaque cultivar. La masse finale à atteindre pour arrêter le séchage selon chaque cultivar a été calculée selon les formules suivantes

$$n_i = [H_i / (100 - H_i)], \quad m(M_s) = [m_i / (1 + n_i)], \quad n_f = [H_{fr} / (100 - H_{fr})] \text{ et}$$

$$m_{fr} = [m(M_s) * (1 + n_f)].$$

Avec,

Ni: teneur en eau initiale des figes, **Hi** : humidité initiale des figes, **m(Ms)** : masse de la matière sèche des figes, **mi** : masse initiale des figes, **nf** : teneur en eau finale des figes séchées, **Hfr**: humidité finale à atteindre après le séchage qui est entre 20 et 25%, **mfr** : masse finale à atteindre pour arrêter le séchage.

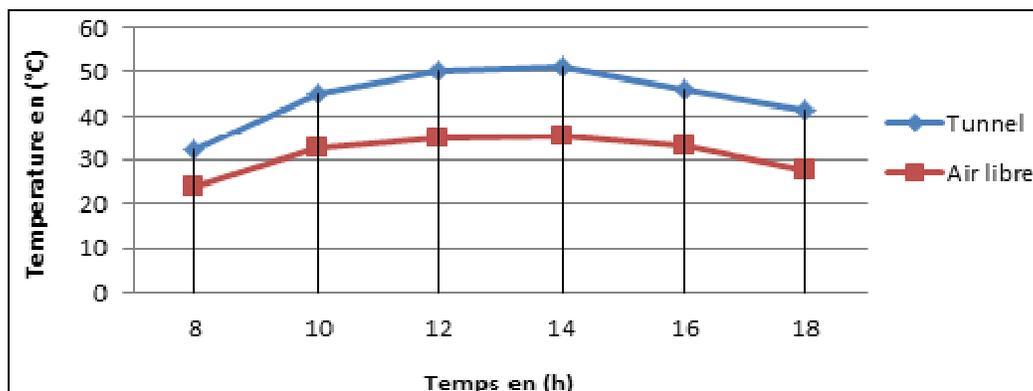
Séchage Sous Tunnel

Le tunnel était sous forme d'une petite serre en verre de dimensions 4,5m x 6m x 3,3m installée au sein de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, orientée Est-Ouest et muni de quatre ouvertures de part et d'autre pour faciliter la convection de l'air chauffé naturellement par les rayons solaires. L'évolution des températures journalières moyennes à l'intérieur du tunnel durant la période du séchage était de 44°C. Pour le suivi de la perte en poids, six mesures journalières ont été effectuées (Figure 1).

Séchage À l'air Libre

Le séchage à l'air libre a été amélioré par l'utilisation de grilles métalliques, tapissées de filets en plastique blancs, surélevés par rapport au niveau du sol d'une hauteur d'un mètre et orientés Est-Ouest. L'évolution des températures journalière moyennes atteinte durant la période du séchage était 31°C. La perte en poids a été suivie par six mesures journalières (Figure 1). Chaque soir, après la dernière pesée à 18h, les grilles de séchage ont été couvertes à l'aide d'un drap pour éviter la réhumidification nocturne et matinale des figes.

Figure 1: Evolution des températures journalières moyennes de séchage sous tunnel et à l'air libre durant la période de séchage



Analyse Statistique

Une ANOVA à sens unique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS version 19,0 afin de montrer l'effet significatif ($P < 0,05$) des sept cultivars pour chacun des paramètres physico-chimiques [23, 24, 25]. Les moyennes ont été séparées à l'aide du Test de la gamme Multiple de Duncan [24]

Comparaison Des Temps de Séchage

Le gain en temps de séchage par la technique et par le traitement pour chacun des cultivars a été calculé en se référant à la formule de Ranganna [26].

Gain en temps du séchage par le traitement chimique

Le gain en temps du séchage résultant de l'application du traitement alcalin, pour chaque cultivar, a été déterminé comme suit: $G.T.S = [(Durée \text{ de séchage de l'échantillon témoin} - Durée \text{ de séchage de l'échantillon traité}) / Durée \text{ de séchage de l'échantillon témoin}] * 100$.

Gain en temps du séchage par la technique sous tunnel

Le gain en temps résultant du séchage sous tunnel, pour chaque cultivar, a été calculé comme suit : $G.T.S = [(Durée\ de\ séchage\ de\ l'échantillon\ à\ l'air\ libre - Durée\ de\ séchage\ de\ l'échantillon\ sous\ tunnel) / Durée\ de\ séchage\ de\ l'échantillon\ à\ l'air\ libre] * 100$.

Résultats

1. Effet du Cultivar sur la Durée de Séchage et la Composition Physico-Chimique Des Figes

Séchées

L'Analyse de variance a montrée l'existence de l'effet du cultivar sur la durée de séchage et sur tous les paramètres physico-chimiques des figes étudiées. En effet, le tableau 3 montre une différence significative ($P < 0,011$) entre les cultivars pour la durée de séchage et hautement significative ($P < 0,000$) pour tous les autres paramètres étudiés. Cette différence est due au caractère génétique de chaque cultivar.

Tableau 3: Analyse de variance appliquée sur tous les paramètres physico-chimiques des figes séchées

Source	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
DS	46933,500	6	7822,250	2,975	,011
DF	1352,040	6	225,340	2048,993	,000
MS	52,039	6	8,673	7,358	,000
MM	56,018	6	9,336	24,183	,000
MO	56,017	6	9,336	24,183	,000
FIB	177,120	6	29,520	431,557	,000
PRO	58,055	6	9,676	29,923	,000
HF	52,039	6	8,673	7,358	,000
AW	,083	6	,014	27,093	,000
GL	114,046	6	19,008	17,955	,000
FR	57,737	6	9,623	16,565	,000
K	,436	6	,073	161,967	,000
Ca	,048	6	,008	43,362	,000
Mg	,017	6	,003	28,961	,000

DS: dure de séchage; **DF:** diamètre du fruit; **MS:** matière sèche; **MM:** matière minérale; **MO:** matière organique; **FIB:** Fibres totaux; **PRO:** protéines totales; **HF:** humidité finale; **AW:** activité d'eau finale; **GL:** glucose; **FR:** fructose; **K:** potassium; **Ca:** calcium; **Mg:** magnésium.

2. Effet du Cultivar Sur la Matière Sèche

La teneur en matière sèche varie selon le cultivar (Tableau 6), en moyenne la plus faible teneur en matière sèche totale a été enregistrée pour les fruits du cultivar "Ournaksi" (76,14%) et la plus élevée est détenue par le cultivar "El Beida" (78,75%).

3. Effet du Cultivar Sur le Diamètre du Fruit

Le diamètre des figes sèches joue un rôle très important pour le consommateur et l'industrie. Tenant compte de ce critère les cultivars "El Beida" et "Khoubzi" détiennent le diamètre le plus élevé de tous les autres cultivars avec respectivement 40,16 et 42,59 mm. Tandis que "Ournaksi" et "Hzzat", respectivement, ne représentent que 31,07 et 31,58 mm.

4. Effet du Cultivar Sur les Fibres et Les Protéines Totales

Les cultivars étudiés sont moins riches en fibres totaux à l'exception du cultivar "Khoubzi" qui a enregistré une teneur de 10,68 g pour 100 g de matière sèche. Ce dernier détient aussi une teneur

élevée en protéines qui est de 6,46%, tandis que les faibles teneurs en fibres et en protéines ont été enregistrées chez les cultivars "Sebti" et "Ournaksi" avec respectivement 6,42 et 3,84%.

5. Effet du Cultivar Sur Les Sucres Réducteurs

Parmi les éléments les plus importants recherchés dans les figes fraîches et en particulier les figes sèches on trouve les sucres. Les sucres les plus dominants des figes sèches par ordre d'importance sont le glucose et le fructose. En effet, le cultivar le plus riche en glucose est "El Beida" avec 33,48 g/100g de matière sèche. Alors que pour le fructose c'est plutôt "Ournaksi" qui détient la teneur la plus élevée par rapport aux autres cultivars avec une valeur moyenne de 31,18 g/100g de matière sèche.

6. Effet du Cultivar Sur la Matière Minérale

Les cultivars présentent des différences significatives selon leur teneur en minéraux (Tableau 6). En moyenne, le potassium est le minéral prédominant avec (530-730 mg/100 g de matière sèche) enregistré successivement chez les cultivars "Ournaksi" et "Lemtel", suivi par le calcium avec (160-220 mg/100 g de matière sèche) contenu, respectivement, dans les cultivars "El Beida" et "Nabout". L'élément le plus faible est le magnésium avec (70-110 mg/100 g de matière sèche) détenues, respectivement, par les cultivars "El Beida" et "Lemtel".

7. Effet du Traitement Sur la Durée de Séchage

La durée de séchage des échantillons traités comparée à celle prise par les témoins de chaque cultivar pour chaque technique a permis un gain en temps de séchage qui vari selon le cultivar et selon la technique appliquée (Tableau 4). Ce gain peut être expliqué par les microfissures crée par la soude lors du trempage ce qui favorise d'avantage l'évaporation de l'eau [21].

Tableau 4: Gain en temps du séchage par le traitement alcalin pour chaque technique et cultivars étudiés

Cultivars	G.T.S (%)	
	Séchage sous Tunnel	Séchage à l'air libre
Hzzat	14	18
Ournaksi	16	14
Lemtel	27	12
El beida	16	9
Khoubzi	32	8
Sebti	18	11
Nabout	12	14

L'application du traitement alcalin a permis d'économiser de 12 à 32 % de la durée de séchage sous tunnel et de 8 à 18 % à l'air libre selon le cultivar.

8. Effet de la Technique sur la Durée de Séchage

Le séchage sous tunnel est plus rapide qu'à l'air libre et a permis d'économiser de 30 à 64% en temps du séchage selon le cultivar (Tableau 5), ceci peut être expliqué par la variation de la température de séchage qui a oscillée entre 37 et 55°C sous tunnel et entre 24 et 37°C à l'air libre avec une moyenne, respectivement, de 44°C et 31°C durant toute la période du séchage (Figure 1).

Tableau 5: Gain en temps de séchage par la technique sous tunnel pour chaque cultivar étudié

Cultivars	G.T.S (%)
Hzzat	37
Ournaksi	48
Lemtel	53
El beida	38
Khoubzi	64
Sebti	37
Nabout	30

Les cultivars "Khoubzi", "Lemtel" et "Ournaksi" ont permis, respectivement, un gain sur le temps séchage de 64, 53 et 48% par comparaison au séchage à l'air libre.

Discussion

Les caractères physico-chimiques et les éléments minéraux des cultivars testés dans la présente étude (Tableau 6) ont été comparés avec ceux d'autres pays, principalement dans la région méditerranéenne.

La matière sèche et la teneur en extrait soluble dans l'eau des cultivars étudiés a présenté une grande similarité avec les variétés de Serbie [27]. Les auteurs Italiens ont montré une large différence en acidité totale chez les cultivars de figes (0,87 et 4,42%) [28]. De la même manière, les cultivars de figue tunisienne se caractérisent par la teneur en acide citrique inférieure à 5 g/l [29]. Les Figes de la région de Cosenza en Italie avait principalement une teneur en acide citrique de 5.5 ± 0.04 meq /100g de matière sèche [30]

Tableau 6: Composition physico-chimiques des figes traitées et témoins séchées sous tunnel et à l'air libre

Cultivars	Technique de séchage	Traitement	DS (heures)	DF (mm)	MS (%)	MM (%)	MO (%)	FIB (%)	PRO (%)	HF (%)	AW	Sucres réducteurs (%)		Eléments minéraux (%)		
												GL	FR	K	Ca	Mg
HZZAT	Tunnel	A+S	118,5	31,16	79,05	2,55	97,45	7,55	5,03	20,96	0,41	33,09	30,05	0,62	0,20	0,09
		T	139,5	31,94	77,47	2,79	97,22	7,04	5,92	22,54	0,44	32,69	30,42	0,63	0,20	0,10
	Air libre	A+S	189,5	31,47	78,19	3,03	96,98	7,19	5,03	21,82	0,42	31,48	30,19	0,59	0,22	0,09
		T	232,5	31,73	79,76	3,49	96,52	7,27	5,48	20,25	0,45	32,16	31,77	0,59	0,19	0,09
OURNAKSI	Tunnel	A+S	74,5	30,26	75,87	2,05	97,96	7,68	3,72	24,14	0,52	32,64	31,07	0,52	0,18	0,07
		T	89,5	31,95	76,96	3,58	96,43	7,93	3,73	23,05	0,52	33,53	32,39	0,55	0,17	0,08
	Air libre	A+S	143,5	30,33	76,00	2,48	97,53	7,77	3,72	24,01	0,50	31,12	30,31	0,53	0,16	0,06
		T	167,5	31,75	75,71	3,12	96,89	7,15	4,17	24,30	0,56	31,03	30,95	0,50	0,16	0,08
LEMTEL	Tunnel	A+S	86,5	35,67	77,72	5,39	94,62	8,35	3,72	22,29	0,48	30,85	28,75	0,73	0,20	0,12
		T	119,5	37,23	78,67	4,66	95,35	8,84	5,04	21,34	0,44	30,32	28,93	0,76	0,19	0,10
	Air libre	A+S	183,5	35,66	78,13	2,26	97,75	8,87	3,28	21,88	0,43	31,84	31,00	0,68	0,16	0,10
		T	208,5	37,04	77,91	4,48	95,53	8,95	5,48	22,10	0,43	29,15	28,95	0,75	0,19	0,12
EL BEIDA	Tunnel	A+S	120,5	39,47	80,44	2,15	97,86	6,41	5,47	19,57	0,39	34,49	30,79	0,53	0,14	0,06
		T	144,5	40,59	80,69	3,24	96,77	6,95	3,73	19,32	0,41	31,75	29,47	0,55	0,17	0,08
	Air libre	A+S	196,5	40,69	76,86	2,23	97,78	6,44	5,48	23,15	0,50	33,15	30,29	0,53	0,16	0,07
		T	215,5	39,89	77,02	2,83	97,18	6,25	4,60	22,99	0,49	34,51	30,75	0,55	0,15	0,07
KHOUBZI	Tunnel	A+S	96,5	42,15	77,83	2,23	97,78	10,98	5,91	22,18	0,43	29,15	29,30	0,71	0,16	0,07
		T	143,5	42,89	77,19	2,68	97,33	10,46	6,79	22,82	0,44	30,37	30,52	0,70	0,16	0,08
	Air libre	A+S	272,5	42,48	80,11	3,46	96,55	10,43	5,92	19,90	0,42	31,15	28,55	0,68	0,16	0,08
		T	297,5	42,85	77,10	2,80	97,21	10,85	7,23	22,91	0,44	29,80	28,19	0,72	0,17	0,08
SEBTI	Tunnel	A+S	118,5	35,51	78,23	3,09	96,92	6,48	4,16	21,78	0,44	31,24	30,00	0,63	0,19	0,09
		T	145,5	37,53	77,78	3,68	96,33	6,45	5,04	22,23	0,46	30,35	29,18	0,66	0,23	0,12
	Air libre	A+S	189,5	36,27	77,63	2,29	97,72	6,45	4,16	22,38	0,43	33,65	30,32	0,62	0,18	0,08
		T	214,5	36,85	77,67	3,25	96,75	6,30	5,04	22,34	0,46	33,87	28,05	0,65	0,25	0,10
NABOUT	Tunnel	A+S	116,5	32,70	80,01	4,74	95,27	9,04	5,47	20,00	0,47	30,42	29,02	0,61	0,24	0,09
		T	122,5	34,17	78,81	4,79	95,22	9,86	5,92	21,20	0,47	29,39	28,97	0,64	0,22	0,10
	Air libre	A+S	166,5	31,76	77,13	5,26	94,75	9,00	5,91	22,88	0,46	30,61	27,61	0,60	0,22	0,09
		T	195,5	33,53	76,74	5,25	94,76	9,24	5,92	23,27	0,49	30,98	28,81	0,63	0,21	0,09

A+S: Alcalinisation plus sulfitation; T : Témoins ; DS: duré de séchage; DF: diamètre du fruit; MS: matière sèche; MM: matière minérale; MO: matière organique; FIB: Fibres totaux; PRO: protéines totale; HF: humidité finale; AW: activité d'eau finale; GL: glucose; FR: fructose; K: Potassium; Ca: calcium; Mg: magnesium

Dans cette étude, la teneur en glucose est plus élevée que le fructose. Ce résultat est en accord avec les cultivars de la zone Méditerranéenne [30, 31]. La teneur en glucose des

Cultivars étudiés est supérieure à ceux rapportés par les chercheurs turques [31]. Le contenu des sucres (glucose et fructose) détecté dans la variété italienne Dottato a une teneur moins élevée en ces composés appréciables : 13.8 ± 0.2 et $12.8 \pm 0.2\%$ de figes séchées pour le glucose et le fructose respectivement [30].

Par rapport au glucose, le fructose a été plus élevé dans certaines variétés de figue dans la zone d'Izmir en Turquie. La moyenne de glucose est 31,58% de matière sèche et le fructose est 19,57% de matière sèche [31]. Le contenu de sucre réducteur dans une autre gamme de variétés Turquie au sein de noir de Bursa est 86,0-89,0%, 70,9-93,7% dans Goklop et 77,8-89,4% dans Sarilop [32-33].

Les résultats de cette étude ont montré que les figes peuvent être considérer comme une riche source en K, Ca, Mg [34, 35, 36]. Les teneurs en éléments minéraux dans les cultivars étudiés varient dans les valeurs de référence [37-38]. Les auteurs ont déterminé la quantité d'éléments minéraux dans les cultivars turques à 0,680-1,050 g/100 g de matière sèche pour K, 0,167-0,333 g/100 g de matière sèche pour Ca, 0,020-0,067 g/100 g de matière sèche pour Na et 0,0008 à 0,002 g/100 g de matière sèche pour le Mg. En revanche, ces résultats étaient comparables à ceux obtenus dans un autre ouvrage en Tunisie [36].

Certains auteurs indiquent que les teneurs de fruits de figue en K et en Ca étaient 0,194-0,268 et 0,035-0,0782 g/100 g de matière sèche, respectivement [38]. Ces teneurs en nutriments étaient inférieurs à ceux observés dans cette étude

Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude ont montrée que l'effet du cultivar sur la composition physico-chimique des figes séchées était susceptible d'être la conséquence des caractères génétiques plutôt que celui des mesures agro-techniques appliquées, des conditions de culture écologiques et de transformation. Le traitement par trempage alcalin des figes avant le séchage a permis de diminuer la durée de séjour des figes sous tunnel et à l'air libre de 12 à 32% et de 8 à 18%, respectivement, selon les cultivars. La technique sous tunnel a permis aussi d'économiser de 30 à 64% en temps du séchage, selon les cultivars, par rapport au séchage à l'air libre. La combinaison du traitement et de la technique sous tunnel a permis pour le cultivar "Ournaksi" un court séjour qui est de 74h 50 min par rapport aux autres cultivars. Tandis que le temps de séchage le plus long a été enregistré chez le témoin du cultivar "Khoubzi", séché à l'air libre, avec 297h 50min.

L'analyse de la composition physico-chimique des figes séchées, issues de la collection de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, a montré qu'elles représentent une bonne source de composés nutritifs tels que les sucres, les fibres et les minéraux. Le fructose et le glucose ont été déterminés comme les sucres prédominants chez tous les cultivars étudiés. En effet, le cultivar le plus riche en glucose est « El Beida » avec 33,48 g/100g de matière sèche. Alors que pour le fructose c'est plutôt "Ournaksi" qui détient la teneur la plus élevée par rapport aux autres cultivars avec une valeur moyenne de 31,18 g/100g de matière sèche.

Les minéraux importants tels que le potassium, le calcium et le magnésium se trouvent dans les figes testées à des niveaux considérablement élevés. En moyenne, le potassium est le minéral prédominant avec (530-730 mg/100 g de matière sèche) enregistré successivement chez les cultivars "Ournaksi" et "Lemtel", suivi par le calcium avec (160-220 mg/100 g de matière sèche) contenu, respectivement, dans les cultivars "El Beida" et "Nabout". L'élément le plus faible est le magnésium avec (70-110 mg/100 g de matière sèche) détenues, respectivement, par les cultivars « El Beida » et "Lemtel".

Cette étude peut déclarée que la collection de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès contient une composition alimentaire à haute valeur nutritionnelle. Les résultats obtenus dans ce travail sont l'une des premières recherches pour les fruits de figuiers cultivés au Maroc. Cette étude aura une

utilisation éventuelle pour la consommation en frais, le séchage et divers produits (confiture, sirop et alcool). Des travaux sont actuellement en cours sur les fruits des mêmes cultivars afin d'analyser les vitamines et les polyphénols selon la suggestion de certains auteurs dans d'autres pays [39, 40].

Références Bibliographique

- [1] **Hardenburg, R.E., Watada, A.E. & Wang, C.Y.** 1986. Fig. In: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Nursery Stocks. Agriculture Handbook Nr. 66. Pp.40. Washington: US Government Printing Office.
- [2] **Piga, A., D'Aquino, S., Agabbio, M. & Papoff, C.** 1995. Influenza del confezionamento con film plastici sulla conservazione del fico. Italus Hortus, 2, 3–7.
- [3] **FAO stat, 2014.** “Statistical Database”, Available from <http://www.fao.org> Accessed 30 March 2014.
- [4] **Walali, L., Skiredj, A. et Alattir, H.** 2003. Fiches Techniques: L'amandier, l'olivier, le figuier et le grenadier. Département d'Horticulture, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat institut, Maroc, Transfert de technologie en agriculture, N ° 105.
- [5] **Vinson J.A.** 1999. The functional food properties of fig. Cereal Food World 44:82–87
- [6] **Naikwadi, P.M., Uttam, D. C., Pawar, V.D and Amarowicz R.** 2010. Studies on dehydration of figs using different sugar syrup treatments. J.Food Sci. Technol. 47(4):442-445.
- [7] **Hardenburg, Watada A.E. and Wang C.Y.,1990.** The commercial storage of fruits and vegetables and nursery stocks, USDA, Agriculture research service, *Agriculture hand book* 66:130.
- [8] **Venkataratnam, L.** 1988. Packaging of figs. A Souvenir on packaging of fruits and vegetables in India. Agriculture Horticultural Society Public Gardner, Hyderabad, p 112–114.
- [9] **Tosun, N. & Delen, N.** 1998. Minimising of contaminaton of aflatoxigenic fungi and subsequent aflatoxin development in fig orchards by fungicides. Acta Horticulturae, 480, 193–197.
- [10] **Thonta, G. T. and Patil, V.K.** 1988. Studies on drying of fig fruits. Indian Food Packer 42:94–99
- [11] **Papoff, C.M., Battacone, G., Agabbio, M. et al.** 1998. The influence of industrial dehydration on quality of fig fruits. Acta Horticulturae, 480, 233–237.
- [12] **Jadhav, M.S., Gawade, B.J and Naikare, S.M.** 1999., Standardization of process for dehydration of Poona local fig, 158.
- [13] **Bolin, H.R. & Stafford, A.E.** 1974. Effects of processing and storage on provitamin A and vitamin C in apricots. Journal of Food Science, 39, 1034–1036.
- [14] **El Halouat, A. & Labuza, T.P.** 1987. Air drying characteristics of apricots. Journal of Food Science, 52, 342–345
- [15] **Senhaji, F.A., Bimbenet, J.J. & Hakam, B.** 1991. Data on apricot drying: kinetics and product quality. Sciences des Aliments, 11, 499–512.
- [16] **Barbanti, D., Mastrocola, D. & Severini, C.** 1994. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. Sciences des Aliments, 14, 61–73.
- [17] **Sabarez, H.T. & Price, W.E.** 1999. A diffusion model for prune dehydration. Journal of Food Engineering, 42, 167– 172.
- [18] **Price, W.E., Sabarez, H.T., Storey, R. & Back, P.J.** 2000. Role of the waxy skin layer in moisture loss during dehydration of prunes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 4193–4198.
- [19] R.B Keey, ‘Drying of Losses and Particule Materials’, Hemisphere Publishing Corporation, pp. 1 – 2, 1992.
- [20] **Vidaud J., 1997.** “Le Figuier: Monographie. Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes”, Paris.
- [21] **Dolev A.L, Esmay M.L and Sinha R.N., 1972.** Deshydratation of apricot. Journal of food science. Vol 39. Pp 548-551
- [22] **Ferradji A., 2011.** Séchage solaire des figues: Bilan thermique et isotherme de désorption. Revue des énergies renouvelable, vol.14, N°4, pp.3-4,2011

- [23] **Erosy, N., Gozlekci, S. and Kaynak, L. 2003b.** Seasonal variations in the content of nutrient elements in leaves of fig (*Ficus carica* L., 'Yesilguz'). *Acta Hort.* 605:237-241.
- [24] **Dagnelie, P., 1975.** *Théorie et Méthodes Statistiques. Applications Agronomiques*, vol. II. Presse Agronomique de Gembloux, Belgium, 463 p.
- [25] **Bar-Hen, A. 2001.** *Probabilité et Statistique pour le DEA de Biosciences.* Université Aix-Marseille III. Marseille, France., 92 p.
- [26] **Ranganna,S. 1986.** *Hand Book of Analysis and Quality Control of Fruit and Vegetable Products.* Tata Mc Graw, Hill publications, New delhi P.977-978.
- [27] **Kulina, M., Djurdjic, Z. and Vico, G. 2002.** Pomological traits of some once-bearing figs in the area of Trebinjie. *Acta Agri. Serbica VII (13):*9- 15.
- [28] **Piga, A., Pinna, I.B., Over, K., Agabbio, M. and Aksoy, U. 2004.** Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): Drying kinetics and quality loss. *Intl J. Food Sci. Technol.* 39:793-799.
- [29] **Mars, M., Marrakchi, M. and Chebli, T. 1998.** Multivariate analysis of fig (*Ficus carica* L.) germplasm in southern Tunisia. *Acta Hort.* 480:75-81.
- [30] **Genna, A., Vecchi, P. De., Bruno, M. and Maestrelli, A. 2008.** Quality of 'Dottato' dried figs grown in the Cosenza region, Italy. A sensory and physico-chemical approach. *Acta Hort.* 798:319-323.
- [31] **Melgarejo, P., Hernandez, F., Martfnez, J. J. and Salazar, D. M. 2003.** Organic acids and sugars from first and second crop fig juices. *Acta Hort.* 605:237-239.
- [32] **Aksoy, U. 1981.** *Researches on Fruit Development, Ripening and Storage of Fig Fruits Cultivars Akca, Goklop and Sarilop.* PhD. Thesis, Ege University, Faculty of Agriculture, Turkey, 150 p.
- [33] **Anaç, D. U., Hakerlerler, H. and Duzbastilar, M. 1982.** Nutritional Status of Fig Orchards in the Small Meander Basin and Relationships between Soil and Leaf Nutrients and Some Yield and Quality Attributes. *Taris Research and Development Center Project. N 4., Turkey,* 49 p
- [34] **Aljane, F., Toumi, I. and Ferchichi, A. 2007a.** HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral elements in fresh figs of Tunisian cultivars. *African J. Biotech.* 6(5):599-602.
- [35] **Hakerlerler, H., Saatci, N., Hepaksoy, S. and Aksoy, U. 1998.** Fruit and leaf nutritional status of some fig clones and cultivars and relationships with some sugar fractions. *Acta Hort.* 480:247-252.
- [36] **Aljane, F., Toumi, I. and Ferchichi, A. 2007a.** HPLC determination of sugars and atomic absorption analysis of mineral elements in fresh figs of Tunisian cultivars. *African J. Biotech.* 6 (5):599-602
- [37] **Ozer, B. K. and Derici, B. 1998.** A research on the relationship between aflatoxin and ochratoxin a formation and plant nutrients. *Acta Hort.*
- [38] **Aksoy, U., Hakerlerler, H., Anac, D. and Duzbastilar, M. 1987.** Soil Properties and Mineral Content of Sarilop Fig Orchards in Germencik and Relationship Between Mineral Nutrients and Yield and Fruit Quality Parameters (Turkish). *Taris Research and Developing Center, Bornova, Turkey,* 75 p.
- [39] **Piga, A., Del Caro, A., Milella, G., Pinna, I. and Vacca, V. 2008.** HPLC analysis of polyphenols in peel and pulp of fresh figs. *Acta Hort.* 798:301-306.
- [40] **Del Caro, A. and Piga, A. 2007.** Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.). *Eur. Food Res. Technol.* DOI 10.1007/ s00217-007-0581-4.