

## Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de barbarie : revue de la littérature

A. Mazari<sup>\*(1)</sup>, A. Mahdeb<sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> INRAA - Division de Recherche Technologies Agroalimentaires, station expérimentale de Mehdi-Boualem, Alger, Algérie.

<sup>2</sup> INRAA - Division de Recherche Gestion des Agrosystèmes de Montagne, station expérimentale d'Oued-Ghir, Béjaïa, Algérie.

\*Auteur de correspondance : azzedine.mazari@inraa.dz

---

Reçu : 10 mai 2020

Révisé : 13 décembre 2020

Accepté : 18 janvier 2021

---

**Résumé :** Le figuier de barbarie est originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Il a été introduit en Afrique du Nord au 16<sup>ème</sup> siècle. Ses fruits sont consommés à l'état frais ou cuits, en conserve ou utilisés dans les salades, les sirops, les jus de fruits et dans la production de fromage (Sáenz *et al.*, 2013). De plus, les jeunes cladodes (nopalitos) sont consommés comme légume dans de nombreuses régions du monde. Des études antérieures ont démontrés que les fruits du figuier de barbarie contiennent de très importants composés sur le plan nutritionnel notamment, les bétalaïnes, les composés aminés y compris la taurine, les minéraux, les vitamines, ainsi que les antioxydants. Ces composés naturels et leurs dérivés sont avérés dotés d'activités biologiquement pertinentes, notamment des propriétés anti-inflammatoires, antioxydantes, hypoglycémiantes, antivirales et anticancéreuses. Ces vertus offrent d'excellentes possibilités à l'industrie alimentaire et nutraceutique pour la préparation de produits de haute valeur ajoutée.

**Mots clés :** Figuier de barbarie, Cladode, Transformation industrielle, Propriétés fonctionnelles et médicinales, Valeur nutritionnelle.

**Summary :** The cactus pear plant is native to the arid and semi-arid regions of Mexico. It was introduced in North Africa in the 16<sup>th</sup> century. The cactus fruits are eaten fresh or cooked, canned or used in salads, syrups, fruit juices and in cheese production (Sáenz *et al.*, 2013). Moreover, young cladodes (nopalitos) can be eaten as a vegetable in many parts of the world. Previous studies have shown that cactus pear contains very important nutrients, particularly, betalains, amino compounds including taurine, minerals, vitamins and antioxidants. These natural compounds and their derivatives have been proven to be endowed with biologically relevant activities, including anti-inflammatory, antioxidant, hypoglycemic, antiviral and anticancer properties. These virtues could provide excellent opportunities for the nutraceutical and food industry for the preparation of high added value products.

**Mots clés :** Cactus pears, Cladodes, Industrial processing, Functional and medicinal properties, Nutritional value.

## INTRODUCTION

Le genre *Opuntia sp* compte quelque 300 espèces, qui appartiennent à la famille des cactacées. Dix à douze espèces seulement sont couramment cultivées pour la production de fruits (Yahia & Sáenz, 2011). Le figuier de barbarie est originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Il a été introduit en Afrique du Nord au 16<sup>ème</sup> siècle (Felker, *et al.*, 2005).

L'espèce *Opuntia* s'adapte très bien sous les conditions extrêmes de culture (sols pauvres, rareté d'eau, températures élevés). Les études antérieures ont démontrés que le figuier de barbarie affiche des spécificités régionales. En fait, les fruits de la figue de barbarie présentent une variabilité intra et inter-sites dans la forme, la couleur, le poids, teneur en sucres, en acides, en antioxydants, ...etc. Ces paramètres varient d'un cultivar à un autre et sont fortement influencés par l'environnement.

L'une des caractéristiques les plus frappantes d'*Opuntia* est son anatomie et sa morphologie, qui lui ont permis de s'adapter à de nombreuses conditions de croissance extrêmement stressantes, ce qui signifie que la plante peut être une option viable dans les régions où d'autres plantes ne survivront pas. Les caractéristiques qui rendent la plante adaptable aux conditions arides sont liées

à la forme de plusieurs de ses organes. Le système racinaire peu profond et étendu permet à la plante d'exploiter les rares précipitations. D'autre part, les précipitations isolées induisent la formation de racines secondaires, ce qui augmente la surface de contact avec le sol et facilite l'absorption d'eau et de nutriments.

La dénomination « cladodes » désigne les feuilles du cactus qui sont communément appelées « raquettes ». Elles sont charnues succulentes et articulés. Les cladodes sont protégées par une cuticule épaisse, parfois recouverte de cire ou de glochides qui réduisent davantage les pertes en eau. Les cladodes ont la capacité de stocker des quantités considérables d'eau, car elles possèdent un parenchyme abondant. Il s'agit d'un tissu blanchâtre dans lequel de l'eau est stockée, ce qui permet aux plantes de survivre pendant de longues périodes de sécheresse. Les cladodes ont aussi des épines. Elles ont peu de stomates par unité de surface et présentent la particularité de rester fermés le jour et ouvertes la nuit. Cela permet d'éviter la perte d'humidité par la transpiration pendant la journée et permet au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) essentiel à la photosynthèse d'être absorbé pendant la nuit.

En Algérie, la culture du cactus à large échelle a débuté en 1994 dans le cadre d'un programme de mise en

œuvre lancé par le Haut-commissariat pour le développement de la steppe (HCDS) dans le cadre du programme de développement du pastoralisme et de lutte contre la désertification dans les steppes et les zones agropastorales. 52 000 hectares de cactus ont été plantés dans les quatre Wilayas de l'est : Oum El-Bouaghi, Tébessa, Khenchela et Souk-Ahras.

Récemment on observe un regain d'intérêts à cette culture vu l'élargissement des connaissances sur les bienfaits de la consommation de ces produits sur la santé humaine d'une part, et le profit commercial substantiel pouvant être tiré de la valorisation des produits et sous-produits de haute valeur ajoutés, d'autre part.

## 2- Composition chimique et minérale des Opuntias :

### 2-1 Composition chimique et minérale du fruit :

L'eau est la principale composante du fruit (Tableau 1), élément précieux dans les régions arides et semi-arides. La teneur en eau est protégée par la pelure épaisse et riche en mucilage. Le mucilage lie fortement l'eau et aide à prévenir la déshydratation des fruits.

La pulpe du fruit du figuier de barbarie est riche en minéraux, avec une prédominance de potassium. Il est à noter également la présence de grandes quantités (exprimées en mg/100 g) de phosphore, magnésium et de calcium (Tableau 2). Les variations

**Tableau 1 :** Composition chimique de la pulpe des fruits du figuier de barbarie (g/100 g).

Paramètre	Fruit vert	Fruit violet	Fruit orange
Teneur en eau	83.8	85.98	85.1
Protéines	0.82	0.38	0.82
Lipides	0.09	0.02	-
Fibres	0.23	0.05	-
Cendres	0.44	0.32	0.26
Sucres totaux	14.06	13.25	14.8
Vitamine C (mg/100g)	20.33	20	24.1
$\beta$ -Carotène (mg/100g)	0.53	-	2.28
Bétaglaïnes (mg/100g)	-	100	-

Source: Sáenz and Sepúlveda (2001); Sáenz, Sepúlveda and Moreno (1995); Sepúlveda and Sáenz (1990).

**Tableau 2** : Composition minérale de la pulpe des fruits du figuier de barbarie (mg/100 g).

Élément minéral	Fruit vert	Fruit violet	Fruit orange
Calcium	12.8	13.2	35.8
Magnésium	16.1	11.5	11.8
Fer	0.4	0.1	0.2
Sodium	0.6	0.5	0.9
Potassium	217	19.6	117.7
Phosphore	32.8	4.9	8.5

Source: Sáenz and Sepúlveda (2001); Sáenz, Sepúlveda and Moreno (1995); Sepúlveda and Sáenz (1990).

de la composition chimique du fruit d'*Opuntias* de différentes couleurs sont insignifiantes. Les variations de contenu de certains minéraux dans les fruits peuvent être attribuées à leurs différentes origines (Sáenz *et al.*, 2013).

La composition du fruit varie avec sa maturation. L'indice des matières solides solubles totales (TSS) augmente rapidement à mesure que la pulpe commence à se développer. Lorsque la couleur de la pelure est à mi-chemin

de celle du fruit complètement mûr, le TSS se situe entre 12 à 15%, selon le cultivar. À ce stade, le fruit est de meilleure qualité pour la consommation ou pour le stockage. Bien que le TSS augmente légèrement dans les fruits à pleine maturité, à ce stade le fruit n'est plus dans la meilleure condition pour être stocké et il est même trop mou pour être manipulé (Sáenz *et al.*, 2013).

Le Tableau 3 indique les changements les plus significatifs observés chez

**Tableau 3** : Evolution des paramètres physicochimiques et du contenu en vitamine C des fruits d'*Opuntia amyclaea* suivant le stade de maturité.

Stade de maturité	Poids (g)	Diamètre (cm)	Pulpe (%)	Fermeté (Kg/cm <sup>2</sup> )	TSS (°Brix)	Acidité (%)	pH	Vit C (mg/100g)
Immature	86	42–44	44	4.6	7.5	0.08	5.2	12
Vert	102	47–49	57	3.7	8.8	0.04	6.1	18
Intermédiaire	105	49–53	63	2.7	10.1	0.03	6.2	18
Mûr	112	50–54	65	2.4	11.5	0.02	6.3	26
Trop mûr	108	49–53	75	2.2	12.5	0.02	6.4	28

Source: Montiel-Rodríguez (1986), cité par Cantwell (1995).

*Opuntia amyclaea* au cours de la maturation (Montiel-Rodríguez (1986), cité par Cantwell (1995). Les teneurs en sucre, en TSS et en vitamine C augmentent considérablement au cours du processus de maturation, tandis que la fermeté et l'acidité diminuent. Le niveau du pH évolue en se rapprochant de la neutralité à mesure que la maturation progresse.

En Algérie, l'étude menée sur les cultivars de quelques sites de l'extrême est du pays révèle la richesse des fruits de la région en eau, la faible acidité de leurs pulpes et leur degré brix assez élevé (Tableau 4).

Un autre paramètre intéressant pour lequel peu d'informations sont disponibles est la fermeté du fruit, celle-ci oscille entre 1,8 et 3,3 N. *Opuntia streptacantha* présente la caractéristique de produire un fruit plus ferme et offre de meilleures perspectives de traitement post-récolte (Silos-Espino *et al.*, 2003).

## 2-2 Composition chimique des cladodes

Les cladodes sont une source précieuse pour les agro-industries. Quand ils sont tendres (10-15 cm), ils peuvent être utilisés comme légume (nopalitos). Partiellement lignifiés, au bout de 2 à 3 ans, ils peuvent être utilisés pour la production de farines et d'autres produits. Lorsqu'ils sont complètement lignifiés, ils peuvent être brûlés comme combustible. Le Tableau 5 montre l'évolution de la composition des cladodes d'âges différents. Flores *et al.* (1995) ont entrepris une étude sur 20 variétés d'*Opuntia* afin d'analyser les cladodes jeunes, matures et lignifiés. Les auteurs ont constatés que la teneur en protéines était plus élevée dans les pousses et que la teneur en fibres augmentait avec l'âge de la cladode, atteignant 16,1% dans les tiges lignifiées et près de 8% dans les pousses. La teneur en cendres n'a pas suivi la même

**Tableau 4 :** Caractéristiques chimiques de la pulpe des fruits d'*Opuntia ficus indica* cultivés sur différents sites de la wilaya de Souk-Ahras.

Site	Teneur en eau (%)	pH	Acidité (%)	Brix (%)
Bouamoud	85.08±0.15 <sup>b</sup>	6.06±0.07 <sup>b</sup>	0.039±0.002 <sup>a</sup>	14.75±1.06
Chegaga	86.63±0.10 <sup>a</sup>	5.93±0.06 <sup>c</sup>	0.046±0.002 <sup>b</sup>	14.00±0.00
Meridef	85.04±0.16 <sup>b</sup>	5.91±0.07 <sup>c</sup>	0.049±0.004 <sup>b</sup>	15.85±0.92
Remila	86.80±0.11 <sup>a</sup>	6.25±0.09 <sup>a</sup>	0.038±0.003 <sup>a</sup>	14.75±0.35

Source : Mazari *et al.*, 2018.

**Tableau 5** : Composition chimique de cladodes de différents âges (g/100 p.s.).

Age (années)	Description	Protéines	Lipides	Cendres	Fibres brut	Extrait non- azoté
0.5	Jeunes cladodes (nopalitos)	9.4	1.0	21	8	60.6
1	Cladodes charnues (penca)	5.4	1.29	18.2	12	63.1
2	Cladodes charnues (penca)	4.2	1.4	13.2	14.5	66.7
3	Cladodes charnues (penca)	3.7	1.33	14.2	17	63.7
4	Cladodes lignifiés	2.5	1.67	14.4	17.5	63.9

Source: López, Fuentes and Rodríguez (1977), cited in Saézn *et al.*, 2013.

tendance et les jeunes raquettes avaient des niveaux de cendres inférieurs à ceux des cladodes ou des tiges.

### 2-3 Composition en acides aminés

L'analyse biochimique des échantillons de figuier de barbarie indique que ce dernier contient un grand nombre d'acides aminés, il comprend également les huit acides aminés essentiels. Les fruits du figuier de barbarie contiennent des niveaux élevés d'acides aminés, en particulier la proline et la taurine, représentant respectivement 46% et 15,79% de la teneur totale en acides aminés (Tableau 6), tandis que le principal acide aminé détecté sur les cladodes est la glutamine. En revanche,

dans les graines, le principal acide aminé est l'acide glutamique avec un pourcentage de 21,68%, suivi de l'acide asparaginique (10,42%), leucine (9.94%) et la serine (8.46%). Les graines et la pulpe du fruit peuvent être considérées comme de très bonnes sources d'acides aminés et de protéines.

### 2-4 Composition vitaminique

La fraction lipidique des fruits et des graines du figuier de barbarie contient une vitamine liposoluble, la vitamine E, aussi appelée tocophérols. Le fruit, en particulier sa pelure, est riche en vitamine E à raison de 21,82 g/kg (Tableau 7). Cette teneur est supérieure à celle trouvée dans d'autres fruits tels que

**Tableau 6** : Composition en acides aminés, exprimés en (g/100 g), dans les cladodes, les graines et le jus de fruits d'*Opuntia ficus indica*.

Acide Aminé	Cladode	Fruit	Graines
Alanine	1.25	3.17	4.75
Arginine	5.01	1.11	6.63
Asparagine	3.13	1.51	Trace
Acide Asparaginique	4.38	Trace	10.42
Acide Glutamique	5.43	2.40	21.68
Glutamine	36.12	12.59	Trace
Cystine	1.04	0.41	0.37
Histidine	4.18	1.64	3.11
Isoleucine	3.97	1.13	6.20
Leucine	2.71	0.75	9.94
Lysine	5.22	0.63	6.79
Méthionine	2.92	2.01	0.70
Phénylalanine	3.55	0.85	5.25
Serine	6.68	6.34	8.46
Thréonine	4.18	0.48	1.53
Tyrosine	1.46	0.45	3.09
Tryptophane	1.04	0.46	Trace
Valine	7.72	1.43	6.02
Acide $\alpha$ -Aminobutyrique	Trace	0.04	Trace
Carnosine	Trace	0.21	Trace
Citrulline	Trace	0.59	Trace
Ornithine	Trace	Trace	Trace
Proline	Trace	46.00	Trace
Taurine	Trace	15.79	Trace
Glycine	Trace	Trace	5.06

Source : Feugang *et al.*, 2006; Sawaya *et al.*, 1983.

**Tableau 7 :** Composition en vitamines, exprimée en mg/100 g tissu ou de lipides totaux extrait des différentes parties du fruit et de la cladode de la figue de barbarie *Opuntia ficus indica*.

	Pulpe	Graines	Pelure	Cladode
Vitamine K <sub>1</sub>	53.2	52.5	109	----
Vitamine C,	34–40	----	----	7–22
Vitamine B <sub>1</sub>	----	----	----	0.14
Vitamine B <sub>2</sub>	----	----	----	0.60
Vitamine B <sub>3</sub>	----	----	----	0.46
$\alpha$ -Tocopherol,	84.9	5.6	1760	----
$\beta$ -Tocopherol,	12.6	1.2	222	----
$\gamma$ -Tocopherol,	7.9	33.0	174	----
$\sigma$ -Tocopherol	422	5.0	26	----
Total vitamine E	527.4	40.3	2182	----
$\beta$ -Carotène	42.0	4.7	25.4	----

Source : Kutı, 2004 ; Ramadan & Mörsel, 2003b ; Fernández-López *et al.*, 2010 ; Tesoriere *et al.*, 2005 ; Feugang *et al.*, 2006.

la pomme, la banane ou le raisin (Piga, 2004). Les carotènes et les tocophérols, connus pour leurs propriétés antioxydantes, sont des composants importants sur le plan nutritionnel car ils préviennent l'oxydation des lipides et améliorent leur stabilité. Les caroténoïdes, en tant que piègeurs de l'oxygène singulet, protègent les lipides de la photo-oxydation, alors que leur rôle dans l'auto-oxydation est associé à la présence de tocophérols (Psomiadou & Tsimidou, 2001). Bien qu'il existe certaines différences dans les niveaux des isoformes de

tocophérols, le  $\gamma$ -tocophérol semble être le composant principal de l'huile de la graine, le  $\delta$ -tocophérol est le constituant principal de la fraction lipidique de la pulpe (Ramadan & Mörsel, 2003a), tandis que L' $\alpha$ -tocophérol, est le premier composant majeur de la fraction lipidique issue de la pelure (Tableau 7). Ces trois marqueurs de tocophérols représentent plus de 80% de la teneur totale en vitamine E de ces fractions lipidiques. Par ailleurs, L' $\alpha$ -tocophérol occupe la deuxième position, représentant 16% de la teneur totale en vitamine E, dans

la fraction lipidique de la pulpe. Le fruit contient également 0.34 à 0.40 g/kg de vitamine C. Le  $\beta$ -carotène, représente 0,42 g/kg dans la fraction lipidique de la pulpe, mais moins dans l'huile de la graine. La vitamine K<sub>1</sub> (phylloquinone) est présente dans toutes les parties du fruit, allant de 0,5 à 1 g/kg (Ramadan & Mörsel, 2003a). La vitamine B n'est présente qu'à l'état de traces sur les cladodes (Feugang *et al.*, 2006).

## 2-5 Composition Stérolique

Les stérols constituent l'essentiel des insaponifiables contenus dans de nombreuses huiles. Ils présentent un intérêt en raison de leur impact sur la santé. Récemment, des stérols ont été ajoutés aux huiles végétales comme exemple d'aliment fonctionnel performant (Ntanios, 2001). Ce type de produit est maintenant disponible et il a été scientifiquement prouvé qu'il permet de réduire le cholestérol-LDL dans le sang d'environ 10 à 15% en suivant un régime alimentaire sain (Jones *et al.*, 2000).

Des niveaux élevés de stérols ont été estimés dans les deux huiles, soit 9,33 g/kg d'huile de graine et 22,86 g/kg d'huile de pulpe. Le  $\beta$ -sitostérol, le campesterol, le stigmastérol, le lanostérol et le 5-avénastérol sont parmi les principaux composants. Dans les deux huiles, le marqueur de

stérol est le  $\beta$ -sitostérol, qui comprend env. 72% et 49% de la teneur totale en stérols dans les huiles de graine et de pulpe, respectivement. Le campesterol constitue le deuxième composant majeur et ces deux composants majeurs constituent environ 90% du total des stérols de l'huile de graines et plus de 80% des huiles de pulpe et de pelure. Les autres composants, par exemple le stigmastérol et le lanostérol, sont présents en quantités approximativement égales (3% du total des stérols) dans les deux fractions. En outre, le 5-avénastérol est présent à raison de 3,1 et 6,2% du total des stérols dans les huiles de graine et de pulpe, respectivement. Une petite quantité de 7-avénastérol (0,53%) a été identifiée dans l'huile de graine, mais n'a pas été détectée dans les résidus d'insaponifiable de l'huile de pulpe (Tableau 8).

## 3- Propriétés fonctionnelles et médicinales

Différents avantages attribués aux effets des extraits et des composés issus du cactus ont été suggérés par les utilisations de la médecine traditionnelle. Ces avantages ont progressivement acquis une base scientifique grâce à de nombreux modèles expérimentaux dédiés à l'évaluation des composés issus du figuier de barbarie pour le traitement de différentes maladies.

**Tableau 8** : Composition en stérols, exprimés en (g/kg), dans les différentes parties du fruit d'*Opuntia ficus indica*.

Composé majoritaire	Pulpe	Graines	Pelure
Campesterol	8.74	1.66	8.76
Stigmasterol	0.73	0.30	2.12
Lanosterol	0.76	0.28	1.66
$\beta$ -Sitosterol	11.2	6.75	21.1
$\Delta^5$ -Avenasterol,	1.43	0.29	2.71
$\Delta^7$ -Avenasterol	----	0.05	----
Ergosterol	----	----	0.68

Source : Ramadan & Mörsel, 2003b,c

### Activité Antioxydante

Les propriétés antioxydantes des fruits du cactus sont attribués à la présence de bêtaïnes (Osuna-Martínez *et al.*, 2014; Stintzing *et al.*, 2002). Diverses études *in-vitro* ont montrés l'effet bénéfique des composés phénoliques et des bêtaïnes (Tesoriere *et al.*, 2004). Celles-ci sont généralement attribuées à la capacité des antioxydants à neutraliser les espèces réactives de l'oxygène.

### Effet Anti-cancéreux

L'extrait de fruit de cactus (i) inhibe la prolifération *in-vitro* des lignées cellulaires des cancers du col de l'utérus, de l'ovaire et de la vessie, et (ii) inhibe la croissance tumorale dans le modèle de cancer de l'ovaire chez la souris *invivo* (El-Kossori *et al.*, 1998).

### Effet Antiviral

L'administration d'un extrait de cladodes (*Opuntia streptacantha*) à des souris, des chevaux et des humains inhibe la réplication intracellulaire de l'ADN et de l'ARN d'un certain nombre de virus tels que le virus de l'herpès simplex de type 2, virus de l'équine-herpès, virus de la pseudo-rage, virus de la grippe, virus de la maladie respiratoire syncytiale et VIH-1 (Ahmad *et al.*, 1996).

### Effet Anti-inflammatoire

Des études ont évoqués les actions anti-inflammatoires du genre *Opuntia* en utilisant soit l'extrait de fruit d'*Opuntia dillenii* (Loro *et al.*, 1999), les cladodes lyophilisés (Galati *et al.*, 2001), ou les phytostérols de fruits et d'extraits de cladodes. Le  $\beta$ -sitostérol a été identifié

comme le principe anti-inflammatoire actif à partir de l'extrait de cladode. La bétacyanine et la bétaxanthine ont stimulés un effet inhibiteur sur l'activité de chloration de la myéloperoxydase (Allegra *et al.*, 2005).

### **Effet Antidiabétique (type II)**

Dans une étude chez le rat, l'association d'insuline et d'extrait purifié de cactus (*Opuntia fuliginosa* Griffiths) a permis de ramener les taux de glucose sanguin et d'hémoglobine glyquée à la normale (Trejo-González *et al.*, 1996). Une étude récente a montré que, des rats alimentés avec une ration contenant de l'huile de graines de cactus (25 g/kg) avait induit la diminution de la concentration en glucose sérique de 22% (Ennouri *et al.*, 2006).

### **Effet Anti-hypercholestérolémie et Anti-hyperlipidémie**

L'activité biologique des cladodes d'*Opuntia ficus indica* a montré que les taux plasmatiques de cholestérol, de LDL et de triglycérides chez les rats étaient significativement réduits après 30 jours d'administration quotidienne (1 g/kg) de cladodes de cactus lyophilisés. Les stérols, qui constituent la majeure partie des insaponifiables des huiles, ont la capacité de faire baisser le cholestérol-LDL dans le sang d'environ 10 à 15% (Ennouri *et al.*, 2006).

## **4- Manutention de la récolte**

### **La Récolte**

Les fruits sont récoltés dans des seaux ou des plateaux et laissés pour sécher au soleil, ce qui permet le dessèchement des plaies et le relâchement des glochides. Cela se fait généralement en déposant les fruits par terre sur des lits de paille recouverts d'un filet de plastique. Une fois que le fruit est sec, généralement le jour même s'il y a du soleil, les glochides sont éliminés par brossage. Ensuite, les fruits doivent être rapidement emballés et transportés dans un endroit frais ou réfrigéré. Ceci est essentiel pour le stockage à long terme et permet d'éviter la déshydratation et la possibilité de développement de moisissures sur le fruit.

### **Traitement post-récolte**

Des traitements par immersion à l'eau chaude (50~60°C) pendant une courte période peuvent être utilisés pour certains fruits afin de réduire la charge microbienne sans endommager les fruits. Ces traitements ne sont normalement appliqués que pendant quelques minutes car seule la partie extérieure du produit doit être chauffée. Une courte exposition à ces températures suffit à contrôler de nombreux phyto-pathogènes pouvant se développer après la récolte.

L'application de cires sur les fruits d'*Opuntia* réduit considérablement

les pertes en eau. L'effet du traitement thermique et l'application de cire intensifie la couleur et la brillance des fruits, améliore leur apparence extérieure et les symptômes de perte de poids ne sont plus visibles.

Les fruits emballés dans un film plastique limitent la déshydratation et les lésions dues au froid, tout en améliorant l'aspect du fruit (Piga *et al.*, 1996). Ce traitement permet également de réduire la perte de poids du fruit (García-Vite *et al.*, 2003).

### Transport et stockage

Le stockage du fruit à basse température est une méthode efficace pour réduire la perte d'humidité (Cantwell, 1991, cité dans Cantwell, 1999). Sans réfrigération, les fruits du cactus mûrissent rapidement et deviennent sensibles aux infections par les micro-organismes.

Le fruit est sensible aux lésions dues au froid (LF). La tolérance à la température dépend de la variété, de la date de récolte et de la température du champ pendant la période de croissance. Les symptômes des LF se présentent comme des taches brun-rougeâtre à la surface.

### 5- Produits élaborés à base de matières premières issus du figuier de barbarie

Grace à l'étendue du progrès technologique et des techniques disponibles, il est possible d'obtenir une large gamme de produits à base de matières premières provenant du figuier de barbarie. Le principal dérivé du fruit, la pulpe, est riche en composés phytochimiques bénéfiques pour la santé (Tableau 9), d'où l'importance de son intégration dans les différents plats et préparations culinaires.

**Tableau 9 :** Composition phytochimique (mg/100ml) du jus de la pulpe des fruits d'*Opuntia ficus indica* cultivés sur différents sites de la wilaya de Souk-Ahras.

Site	Contenu phénolique	Flavonoïdes	Flavonols	Vitamine C	Caroténoïdes totaux (µg/100ml)	Bétacyanines	Bétaxanthines	Bétalaïnes totaux
Bouamoud	503.31±57.45 <sup>b</sup>	064.14±12.02 <sup>b</sup>	07.65±0.07 <sup>c</sup>	71.62±0.92 <sup>c</sup>	093.15±12.20 <sup>b</sup>	1.66±0.43 <sup>b</sup>	09.10±0.43 <sup>c</sup>	10.76±0.86 <sup>c</sup>
Chegaga	611.44±45.92 <sup>a</sup>	089.86±06.55 <sup>a</sup>	06.92±0.06 <sup>c</sup>	69.42±1.55 <sup>d</sup>	122.42±06.10 <sup>a</sup>	1.64±0.25 <sup>b</sup>	08.42±0.29 <sup>d</sup>	10.06±0.54 <sup>c</sup>
Meridef	618.56±53.24 <sup>a</sup>	102.00±04.34 <sup>a</sup>	11.23±0.03 <sup>b</sup>	76.91±1.02 <sup>b</sup>	123.75±06.91 <sup>a</sup>	2.43±0.10 <sup>a</sup>	12.05±0.18 <sup>b</sup>	14.47±0.28 <sup>b</sup>
Remila	493.56±16.97 <sup>b</sup>	072.48±05.02 <sup>b</sup>	12.84±1.22 <sup>a</sup>	78.96±0.25 <sup>a</sup>	095.81±06.91 <sup>b</sup>	2.49±0.03 <sup>a</sup>	14.16±0.12 <sup>a</sup>	16.65±0.12 <sup>a</sup>

Source : Mazari *et al.*, 2018.

## 5-1 Produits à base de fruits (figues de barbarie)

### Les rouleaux de pulpe déshydratés

Après avoir enlevé les graines, la pulpe peut être déshydratée en films minces pour donner un produit naturel d'une consistance caoutchouteuse. L'un des avantages des produits déshydratés est qu'ils ne contiennent généralement pas d'additifs et sont donc considérés comme des aliments sûrs et naturels. Les ingrédients typiques ajoutés à ce produit incluent : 10% de sucre, acide citrique pour augmenter l'acidité du mélange à 0,4% et 0,1% de cannelle. Après mélange, le produit est prêt pour le séchage. La pâte est étalée en fines feuilles sur des plateaux recouverts de plastique antiadhésif.

### Jus, concentré et vinaigre

L'une des méthodes courantes pour conserver les fruits est d'en faire du jus. Les jus sont appréciés pour leur haute valeur nutritive. Ils constituent une bonne source de sucres, de vitamines et de minéraux, indispensables à une alimentation saine et équilibrée.

« *Le melcocha* » est un produit mexicain traditionnel similaire au sirop, fabriqué à partir du jus de fruit de l'*O. streptacantha*. Fabriqués à l'origine de manière artisanale, selon Corrales et Flores (2003), les fabricants s'y intéressent depuis quelques années en

raison de sa popularité croissante en tant que garniture pour les petites pâtisseries.

Le produit connu sous le nom de «fromage» des fruits de cactus est un jus concentré qui domine les industries artisanales mexicaines de l'alimentation à base de cactus. Il est produit à partir d'*Opuntia Streptacantha*. Il est considéré comme un aliment à humidité intermédiaire qui se conserve bien à température ambiante. Il est commercialisé sous forme de fruit pur ou mélangé avec des pignons de pin, des noix de cajou ou d'autres noix (López *et al.*, 1997; Corrales & Flores, 2003).

Le vinaigre est un autre produit qui peut être fabriqué à partir du jus de la figue de barbarie, mais des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les meilleures méthodes de traitement (Sáenz *et al.*, 2013).

### Les édulcorants

Une technologie similaire à celle utilisée pour la fabrication de jus peut être utilisée pour produire des édulcorants naturels, en utilisant un traitement enzymatique du jus de fruits du figuier de barbarie. Ceci est un produit similaire au sirop de maïs et est largement utilisé dans l'industrie des boissons gazeuses. La figue de barbarie présente des avantages en termes de composition en sucre, avec des parts à peu près égales de fructose et de glucose.

### **Produits congelés**

La congélation est l'une des meilleures technologies pour la conservation des propriétés technologiques (couleur, arôme) et nutritionnelles des aliments. La pulpe congelée est un moyen pratique de préparer des boissons rafraîchissantes, des pâtisseries, des glaces, des confitures et d'autres aliments de confection. Conservés au congélateur, il suffit de décongeler, de diluer et de sucrer le produit avant de l'utiliser ou de le vendre comme un jus de fruits frais. Il peut également être vendu aux fabricants de produits alimentaires en tant que constituant de boissons aromatisées, de yaourts, de desserts, de glaces, de gâteaux, de pâtisseries ou de confiseries.

### **Confiture et gels**

La confiture est obtenue en faisant bouillir la pulpe du fruit avec du sucre, de l'acide citrique et de la pectine pour assurer une gélification suffisante. Elle est similaire aux autres aliments déshydratés, où la conservation est basée sur la réduction de l'activité de l'eau ( $a_w$ ). En général, des conservateurs sont ajoutés (par exemple, du sorbate de sodium et/ou du benzoate de potassium) afin de préserver la qualité après ouverture du conteneur de la confiture. Les bonbons gélifiés ou les bonbons à base de pulpe de fruits et de sucre sont couramment consommés dans certains pays de l'Amérique latine.

Des essais de préparation de gels à partir de la pulpe des fruits d'*O. ficus-indica* ont été décrits par Sáenz *et al.*, (1997). Du sucre et un agent gélifiant (le carraghénane) ont été ajoutés à la pâte à raison de 35 à 40%.

### **Huile de graines**

Les graines sont normalement considérées comme des déchets de fabrication de la pâte de pulpe, du jus et de la confiture. Cependant, les graines contiennent de petites quantités d'huile pouvant être extraites. L'extraction de l'huile n'est pratique que si l'on obtient suffisamment de graines pour rendre le procédé économiquement réalisable. Une tonne de fruits procure environ trente kilos de graines, cette quantité permet d'en extraire un litre d'huile. De par sa rareté et ses vertus antioxydantes et antiâge très prisées par l'industrie des produits cosmétiques, l'huile de graines du figuier de barbarie est commercialement la plus chère sur le marché mondial. Le tourteau de graines de figes de barbarie est utilisé dans les formulations dermo-abrasives.

### **5-2 Les cladodes dans le régime alimentaire**

Les principaux produits du figuier de barbarie élaborés par les industries alimentaires sont les suivants :

Cladodes tendres (nopalitos) préparées en saumure ou marinés dans du vinaigre; sauces et autres aliments à base de nopalitos, notamment les confitures, les bonbons, les boissons et la farine. Les sauces de cladodes tendres sont préparées à partir de cladodes broyées, avec l'ajout de divers types de poivrons parmi les nombreuses variétés disponibles, des tomates, d'oignons et d'épices dans des proportions variables, avec un agent de conservation ajouté occasionnellement. Le mélange est trempé dans du vinaigre.

### **Jus et boissons**

Le jus des cladodes est extrait par broyage et pressage. Cela consiste à mouliner les cladodes dans un mélangeur après avoir enlevé les épines et coupé les cladodes en petit morceau. De l'eau est ajoutée pour faciliter le processus et le liquide résultant est filtré pour séparer les matières solides en suspension. Les autres produits intéressants sont les sirops de cladode à base de sirop de saccharose (55–75°Brix) auxquels du jus de cladode est ajouté.

### **Confiture et confiserie**

La confiture nopalitos est préparée à partir de jeunes cladodes moulus et cuites avec des quantités variables de sucre, de pectine et d'agents de conservation. Un autre type de produit à base de cladode, appelé bonbons à la cladode, comprend

les produits cristallisés et confits. Avec certaines variantes, ces produits sont obtenus par interaction avec le sucre et par mélange avec d'autres aliments, tels que les fruits secs.

### **Cladodes tendres (nopalitos) marinés**

Les nopalitos sont blanchis conservés au vinaigre et aromatisés d'épices (maximum 2% d'acide acétique), avec ou sans adjonction de légumes et autres condiments.

### **Nopalitos en saumure**

Ce sont des jeunes cladodes blanchis conservés dans une solution de saumure (maximum 2% de NaCl).

### **Produits récemment introduits:**

**Cladodes tendres (nopalitos) en sauce** ; ce sont des raquettes en conserve dans diverses sauces, telles que le piment commun ou le piment (*Capsicum annuum* L.).

**Pâté Cladode au soja** ; cela est fait à partir d'une purée de nopalitos avec farine de soja déshuilée avec un arôme de bœuf ou de poulet, conditionné dans des bocaux.

**Nopalitos au thon** ; Il s'agit d'une salade appelée 'Azteca', qui contient du thon, des haricots, des cladodes et des piments ou le jalapeño piquant. Le produit est mis en conserve pour la vente.

**Les nopalitos en sauce** au thon, aux champignons, à la saucisse ou aux légumes forment un groupe de produits tendres à base de cladodes auxquels s'ajoutent d'autres aliments.

**Céréale aux cladodes** : Il s'agit d'un produit sous forme de granulés formé à partir d'un mélange de farine de blé et de son, additionné de poudre de cladode déshydratée et de maltodextrine, qui agit comme une fibre hydrosoluble.

**Farine de céréales et cladodes** : Il s'agit d'une farine fine obtenue à partir de la mouture de cladodes déshydratés avec des grains de céréales, après avoir enlevé le son et d'autres composants. La farine du figuier de barbarie a des applications dans les industries de boulangerie, de biscuits et de pâtes, et pour la production de fibres alimentaires sous forme de granulés. La farine de cladode est obtenue en déshydratant et en broyant les cladodes après les avoir épinés, lavés et coupés. Les fibres alimentaires sont bénéfiques pour la santé car elles améliorent la digestion grâce aux fibres solubles, ce qui permet de soulager les personnes souffrant de constipation.

### **5-3 Production à l'échelle industrielle de produits et dérivés issus du figuier de barbarie**

#### **Colorant naturel, le carmin**

Un des produits indirects les plus

attrayants à base d'*Opuntias* est « le carmin » de la cochenille (*Dactylopius coccus*). C'est le meilleur et le plus sûr colorant rouge naturel pour les aliments. Son utilisation est autorisée par la plupart des régulateurs du secteur alimentaire dans le monde, y compris la Food and Drug Administration (FDA) des États-Unis et l'Union européenne (UE). Il est commercialisé sous le code E120. Le pigment carmin constitue une alternative naturelle intéressante aux colorants synthétiques rouges et est largement utilisé dans les industries alimentaire et cosmétique. *O. ficus-indica* est généralement la plante hôte sur laquelle l'insecte se développe. Il est collecté et traité pour en extraire le pigment. L'insecte femelle est transformé en carmin. La plante sert simplement de support pour la culture de l'insecte.

#### **Compléments alimentaires**

Un certain nombre de produits naturels - gélules et comprimés de poudres de cladode, poudres à mélanger dans des boissons et autres composés d'un mélange de fibres végétales sont utilisés comme médicaments traditionnels (et non comme «additifs alimentaires»). Ces suppléments sont vendus pour lutter contre l'obésité ou le diabète ou pour augmenter la consommation de fibres.

#### **Colorants de la figue de barbarie**

Les bétalaïnes sont des pigments présents dans les figes rouges et

violettes largement utilisées dans l'industrie alimentaire. Ils sont extraits principalement de la betterave rouge (*Beta vulgaris* L.), d'où le nom de « bétalaïnes ». Ces pigments sont bien connus et acceptés. La figue de barbarie constitue une source alternative. Le Tableau 9 indique les proportions estimées en bétalaïnes dans les fruits du figuier de barbarie.

### Hydrocolloïdes (mucilage)

Le mucilage ou hydrocolloïdes sont des produits aux applications médicales prometteuses. Ils peuvent être extraits de cladodes et de la pelure de la figue de barbarie. Les méthodes actuellement utilisées sont complexes et coûteuses et les rendements sont faibles. Néanmoins, l'intérêt industriel naissant pour l'utilisation d'extraits dans le traitement de la muqueuse gastrique et d'autres maux est de bon augure. Une poudre obtenue à partir de ce processus peut avoir le potentiel d'être un épaississant dans une formulation alimentaire (Sáenz *et al.*, 2013).

### CONCLUSION

La composition du cactus varie selon divers facteurs, notamment les zones de culture et le stade de maturation. En tant que régulateurs métaboliques potentiels, les extraits de cactus révèlent des effets bénéfiques sur les

métabolismes des lipides et du glucose, ce qui est en faveur du traitement des troubles métaboliques humains, tels que le diabète et l'obésité. Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des fruits et des cladodes doivent être explorées en profondeur afin de mieux comprendre les activités biologiques et le potentiel de prévention présenté par les composés actifs abondants dans ces organes contre plusieurs maladies liées au vieillissement. Au niveau nutritionnel, le cactus peut être utilisé comme source alternative de colorants et de nutriments naturels, via l'apport en bétalaïnes, acides aminés, sucres, protéines et vitamines. Ces composés offrent une valeur nutritionnelle élevée à l'industrie alimentaire pour laquelle le développement d'une véritable branche dédiée aux produits du figuier de barbarie est à promouvoir en Algérie.

### Références

**Ahmad A., Davies J., Randall S., Skinner G.R.B., 1996.** Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Research*. Vol. 30: 75–85.

**Allegra M., Furtmüller P.G., Jantschko W., Zederbauer M., Tesoriere L., Livrea M.A., Obinger C., 2005.** Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid.

Biochemical and Biophysical Research Communications. Vol. 332: 837-844.

**Cantwell M., 1995.** Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta, eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, pp. 126–143.

**Corrales J. & Flores C.A., 2003.** Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna. In V.C.A. Flores, ed. Nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización. 1a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Mexico, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), pp. 167–215.

**El-Kossori R.L., Villaume C., El-Boustani Sauvaire Y., Mejean L., 1998.** Composition of pulp, skin and seeds of prickly pear fruit (*Opuntia ficus-indica* sp.). Plant Foods for Human Nutrition. Vol. 52: 263–270.

**Ennouri M., Fetoui H., Bourret E., Zeghal N., Attia H., 2006.** Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 1. Influence of a seed oil supplemented diet on rats. Bioresource Technology. Vol. 97(12): 1382-1386.

**Felker P., Rodriguez S. del C., Casoliba R.M., Filippini R., Medina D., Zapata R., 2005.** Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. Journal of Arid Environments, Vol. 60: 405–422.

**Fernández-López J.A., Almela L., Obón J.M., Castellar R., 2010.** Determination of Antioxidant Constituents in Cactus Pear Fruits. Plant Foods for Human Nutrition. Vol. 65: 253–259.

**Feugang J.M., Konarski P., Zou D., Stintzing F.C., Zou C., 2006.** Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. Frontiers in Bioscience. Vol. 11: 2574–2589.

**Flores H.A., Murillo M., Borrego F., & Rodríguez J.L., 1995.** Variación de la composición química de estratos de la planta de 20 variedades de nopal. In Memorias del VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Guadalajara, Mexico, pp. 110–115.

**Galati E.M., Monforte M.T., Tripodo M.M., d’Aquino A., Mondello M.R., 2001.** Antiulceractivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae): ultrastructural study. Journal of Ethnopharmacology. Vol. 176: 1–9.

- García-Vite F., Hernández-Fuentes A. & Pinedo-Espinoza J.M., 2003.** Efecto de refrigeración y película plástica en la calidad y tiempo de almacenamiento de tuna Burrón. In Memoria del IX Congreso Nacional. VII Congreso Internacional. Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas, Mexico, pp. 221–225.
- Inglese P., Barbera G., La Mantia T., 1995.** Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. Journal of Arid Environments. Vol. 29: 455–468.
- Jones P., Raeini-Sarjaz M., Ntanios F., Vanstone C., Feng J. & Parsons W., 2000.** Modulation of plasma lipid levels and cholesterol kinetics by phytosterol versus phytostanol esters. Journal of Lipid Research. Vol. 41: 697–705.
- López J.J., Fuentes J. & Rodríguez A., 1997.** Industrialización de la tuna cardona (*Opuntia streptacantha*). Journal of the Professional Association for Cactus Development. Vol. 2: 169–175.
- Loro J.F., del Rio I., Pérez-Santana L., 1999.** Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. Journal of Ethnopharmacology. Vol. 67: 213–218.
- Mazari A., Yahiaoui K., Fedjer Z., Mahdeb A., 2018.** Physical characteristics, phytochemical content and antioxidant activity of cactus pear fruits growing in northeast Algeria. Journal of the Professional Association for Cactus Development. Vol. 20: 177–195.
- Ntanios F., 2001.** Plant sterol-ester-enriched spreads as an example of a new functional food. European Journal of Lipid Science and Technology. Vol. 103: 102–106.
- Osuna-Martínez U., Reyes-Esparza J., Rodríguez-Fragoso L., 2014.** Cactus (*Opuntia ficus-indica*): A Review on its Antioxidants Properties and Potential Pharmacological Use in Chronic Diseases. Natural Products Chemistry & Research. Vol. 2: 153.
- Piga A., D’Aquino S., Agabbio M. & Schirra M., 1996.** Storage life and quality attributes of cactus pears cv Gialla as affected by packaging. Agricultura Mediterranea. Vol. 126: 423–427.
- Piga A., 2004.** Cactus pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. Journal of the Professional Association for Cactus Development. Vol. 6: 9–22.
- Psomiadou E. & Tsimidou M., 2001.** Pigments in Greek virgin olive oils: occurrence and levels. Journal of The

Science of Food and Agriculture. Vol. 81: 640–647.

**Ramadan M.F., Mörsel J.-T., 2003a.** Lipid profile of prickly pear pulp fractions. Food, Agriculture & Environment. Vol. 1(2): 66–70.

**Ramadan M.F., Mörsel J.-T., 2003b.** Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). Food Chemistry. Vol. 82: 339–345.

**Ramadan M.F., Mörsel J.-T., 2003c.** Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peel: A good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. Food Chemistry. Vol. 83: 447–456.

**Sáenz C., Sepúlveda E., & Moreno M., 1995.** Características tecnológicas de pulpa de tuna roja. In Resúmenes del XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Viña del Mar, Chile, p. 159.

**Sáenz C., Arriagada S., Fizman S. & Calvo C., 1997.** Influence of pH and contents of carrageenan during the storage of cactus pear gels. Presented at the ISHS Acta Horticulturae 438: III International Congress on Cactus Pear and Cochineal, Midrand, South Africa.

**Sáenz C. & Sepúlveda E., 2001.** Eco-tipos coloreados de tuna (*Opuntia ficus-indica*). ACONEX. Vol. 72: 29–32.

**Sáenz C., Berger H., Rodríguez-Félix A., Galletti L., García J. C., Sepúlveda E., Varnero M. T., de Cortázar V. G., García R. C., Arias E., Mondragón C., Higuera I., Rosell C., 2013.** Agro-industrial utilization of cactus pear. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp 1-150. E-ISBN 978-92-5-107987-4.

**Sawaya W.N., Khatchadourian H.A., Safi W.M., Al-Hammad H.M., 1983.** Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. International Journal of Food Science & Technology. Vol.18: 183–193.

**Sepúlveda E. & Sáenz C., 1990.** Chemical and physical characteristics of prickly pear (2) pulp. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Vol. 30: 551–555.

**Silos-Espino H., Fabián-Morales L., Osuna-Castro J.A., Valverde M.E., Guvar-Lara F. & Paredes López O., 2003.** Chemical and biochemical changes in prickly pears with different ripening behaviour. Food/Nahrung vol. 47(5): 334–338.

- Stintzing F.C., Schieber A., Carle R. 2002.** Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] by high-performance liquid chromatography–electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol.50: 2302-2307.
- Tesoriere L., Allegra M., Butera D., Livrea M.A., 2004.** Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: Potential health effects of betalains in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. Vol.80: 941–945.
- Tesoriere L., Butera L., Allegra M., Fazzari M., Livrea M.A., 2005.** Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol.53: 1266–1270.
- Trejo-González A., Gabriel-Ortiz G., Puebla-Pérez A.M., Huízar-Contreras M.D., del Rosario Munguía-Mazariegos M., Mejía-Arreguín S., Calva E., 1996.** A purified extract from prickly pear cactus (*Opuntia fuliginosa*) controls experimentally induced diabetes in rats. *Journal of Ethnopharmacology*. Vol.55: 27-33.
- Yahia E.M. & Sáenz C., 2011.** Cactus pear (*Opuntia* species). In book: *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Vol. 2. Chapter 14, pp. 290-329. Acai to citrus Publisher: Woodhead Publishing, England.