

COMPOSITION CHIMIQUE DES JEUNES CLADODES D'*OPUNTIA FICUS INDICA* ET POSSIBILITES DE VALORISATION ALIMENTAIRE

HADJ SADOK T.¹, AID F.², BELLAL M.³,
Maria Stela ABDUL HUSSAIN⁴

¹Laboratoire de biochimie, département Agronomie, Faculté des Sciences
Agrovétérinaires, Sâad Dahleb Blida, Algérie

²Laboratoire de Physiologie Végétale, LBPO, Faculté des Sciences Biologiques,
USTHB, BP 32 El Alía

³Département Technologie alimentaire et nutrition, INA, Algérie

⁴Département de Pharmacie Faculté de Médecine, Sâad Dahleb Blida, Algérie

Résumé.

L'analyse physicochimique des jeunes tiges (ou cladodes) de *L'Opuntia ficus indica*, qui met en évidence des similitudes de composition par rapport à celles des légumes de large utilisation tels que l'épinard, la tomate et la laitue, confirme les possibilités d'utilisation alimentaire pour les animaux et comme légume.

Les jeunes cladodes, très riches en eau, 91 à 93%, ont des teneurs élevées en minéraux. Les minéraux représentent chez les jeunes cladodes plus de 13% de la matière sèche. Les jeunes cladodes sont riches en calcium, magnésium, potassium et Cuivre mais ont une faible teneur en phosphore. La teneur en Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Cu⁺⁺ est comparable à celle de l'épinard et de la tomate. Les jeunes cladodes peuvent ainsi contribuer pour une part importante à la satisfaction des besoins nutritionnels humains. Les jeunes cladodes sont également riches en fibres (8 à 11% de la matière sèche), sucres totaux (1,66 à 8,79% MS) et en vitamines C dont la teneur est appréciable (9 à 15mg/100g Matière Fraîche). Les polyphénols totaux connus pour leurs activités antioxydantes sont également présents à des teneurs variant de 41,6 à 23,4 mg/100g de cladodes fraîches. Les tanins condensés représentent 6,45 à 6,93 mg/100g de matières fraîches et les caroténoïdes 77μg à 47μg pour 100g de matière fraîche.

INTRODUCTION

L'Opuntia ficus indica, plante succulente de type CAM (Crassulacean Acid Metabolism) (Nobel, 1988), présente des adaptations morphologiques et physiologiques lui permettant de résister à la sécheresse, aux chaleurs torrides, aux vents violents, aux tempêtes de sable, au sirocco (Oppenheimer, 1962 ; Sudzuki, 1995 ; Mulas, 2004).

Dans de nombreux pays à climat semi aride (Chili, Mexique.), *l'Opuntia ficus indica* fait l'objet d'une culture à part entière (in Barbera, 1995). *L'Opuntia ficus indica* L. Mill inerme, présente l'avantage d'être facilement utilisé comme fourrage par rapport à la variété épineuse *Opuntia amyaclea* Ten. Elle peut constituer près de 40% de la ration alimentaire des ovins soit 5 à 7kg par jour (FAO 1971; Nefzaoui, 1996). Leur déficit en matière azoté nécessite cependant une complémentation par d'autres sources azotées: atriplex, urée, (Nefzaoui, 1991). Les cladodes deviennent plus succulentes lorsque leurs dimensions atteignent plus de 60cm de long et une épaisseur de 2 à 3cm. Le mucilage séché contient 37,7% de sucres et il représente près de 19,4% de la matière sèche (Sudzuki et al, 1993). Le mucilage est composé d'arabinose, de galactose, de rhamnose, de xylose et d'acide galacturonique a des teneurs variables (Trachtenberg et Mayer1981). Les cladodes présentent aussi un intérêt pour l'industrie alimentaire grâce à leurs propriétés épaississantes et gélifiantes (Sepúlveda et al, 2007).). Les jeunes cladodes appelés aussi nopalitos dans le pays d'origine (Mexique) sont consommées par les populations de différentes couches sociales au sud des Etats-Unis (Russel et Felker, 1987; Cantwell, 1991 et Sáenz ., 2002.). Les cladodes sont également valorisées dans l'industrie cosmétique (Carmen Saézn, 2006.), des adhésifs, du papier et du caoutchouc (Trachtenberg et Mayer, 1982). Elles sont également pourvues de vertus médicinales (Saézn-Hernandez, 1995; Galati et al, 2001) ; en effet, le suc extrait par pression à partir des cladodes est conseillé pour le traitement du foie, des rhumatismes, du scorbut et des maladies du rein. Il a aussi un rôle hypoglycémiant et hypocholestérolémiant (Aldo, 1982; Frati et al., 1990; Michel, 1998, et Cárdenas Medellín et al., 1998).Le mucilage joue aussi un rôle prédominant dans la mise en réserve du Ca^{++} (Trachtenberg et Mayer, 1982). Ainsi le figuier de barbarie, peut jouer un rôle économique non négligeable pour les populations des régions semi arides aux potentialités agricoles limitées. Dans le but d'apprécier la valeur alimentaire des jeunes cladodes de figuier inerme, il a été entrepris l'étude de leur composition chimique à cinq stades de croissance des cladodes. Ces travaux devant préciser les stades de croissance les plus appropriés à une exploitation alimentaire par la population algérienne.

MATERIELS ET METHODES

1 1 Matériel d'étude

Les cladodes (ou raquettes) d'*Opuntia ficus indica*, variété inerme, proviennent de la région de Blida, au piémont de montagne de Bouarfa (Algérie). La température moyenne de cette zone est de 22 à 24°C. Les mois les plus chauds atteignent 26 à 33°C, et les plus froids, 0 à 7°C. La pluviométrie moyenne est de 500 mm. Les prélèvements des cladodes ont été réalisés durant les mois d'avril et mai 2004. Les lots de cladodes

de moins d'un an ont été prélevés au hasard sur 10 pieds et classés selon leur poids et dimensions en 5 stades de croissance (Tableau 1).

Tableau 1
Caractéristiques des échantillons d'*Opuntia ficus indica*, variété inerme provenant de la région de Blida (Stades 2* et 3*: taille moyenne correspondant aux " nopalitos")

Stades de croissance	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Poids frais (g)
1	12,5 ± 0,77	6,47 ± 0,95	34,67± 3,51
2*	15 ± 2,11	8,10 ± 0,50	60,23 ± 9,51
3*	20,19 ± 2,00	9,28 ± 0,75	105 ± 14,35g
4	24,5 ± 2,2	11,83±0,88	173 ± 20,21
5	30 ± 2,00	13,65±0,58	342± 24,54

Les lots ont été conservés à une température de 4°C pendant 2 jours avant leur analyse.

1 2 Méthodes

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation des échantillons dans une étuve ventilée à une température de 105°C jusqu'à obtention d'un poids constant. La teneur en cendres (Matières Minérales) exprimés en % de MS a été déterminée par minéralisation de 2g de matière sèche préalablement réduite en poudre, à 550°C pendant 3 heures (selon AFNOR NFV 03 -76).Le taux de fibres brutes a été déterminé selon la méthode Weende (AFNOR NF V03-040) et l'azote total selon la méthode Kjeldahl (AFNOR NFV 03-05). Les résultats ont été exprimés en % de la matière sèche (MS).Les sucres totaux ont été dosés selon la méthode au phénol acide sulfurique (Dubois, 1956). Les résultats sont exprimés en % MS par rapport à une gamme étalon de glucose. Le dosage des sucres réducteurs est réalisé par la méthode au DNSA (Acide dinitrosalicylique) la densité optique est lue à 540nm et les résultats sont exprimés par rapport à une gamme étalon de glucose en % MS. Le dosage de l'acidité titrable a été réalisé selon la méthode normalisée NFV05- 101 (janvier 1974) et les résultats sont exprimés en milliéquivalent pour 100 mL. La vitamine C a été dosée selon Sarkar (1994) et exprimé en mg d'acide ascorbique pour 100g de poids frais (PF). Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé par le réactif de Folin-Ciocalteu à 750nm, selon Georgé (2005). Les résultats ont été exprimés en mg équivalent acide gallique par 100g PF. La teneur en tanins condensés hydrosolubles a été déterminée selon Joslyn, (1970) avec le réactif Folin-Denis à 760nm ; Les résultats ont été exprimés en mg d'acide tannique pour 100g PF. La teneur en pigments (chlorophylles et caroténoïdes) a été déterminé selon la méthode de Lichtenthaler (1987) et les résultats exprimés en mg/100g PF. Le spectrophotomètre utilisé pour l'ensemble des dosages est de marque UV mini 1240 SHIMADZU. Le dosage des éléments minéraux a été effectué par spectrophotométrie de masse et le phosphate par colorimétrie après minéralisation. Toutes les analyses et pour chaque stade ont été répétées trois fois.L'analyse statistique a été effectuée selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% avec le logiciel STATITCEF. Si la probabilité est supérieure ou égale à 0.05, l'effet n'est pas significatif.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Composition chimique des constituants majeurs à différents stades

Les jeunes cladodes sont riches en eau, avec une teneur moyenne de 93 %. La teneur en matières minérales qui est importante dans les cladodes de moins d'un an, varie de façon hautement significative passant de 12,00 à 15,49% par rapport à la matière sèche (Tableau 2). Elle est proche de celle observée au Maroc (Tijani, 2000). Pour des raquettes âgées de 2 ans, cette teneur atteint plus de 25% de la matière sèche (Nefzaoui et Chermiti, 1991). La teneur en cellulose brute (fibres) dépend du stade de croissance. Elle augmente de façon significative passant de 8,84 à 11,62g/100g de MS dans les cladodes plus âgées du stade 5 ($p < 0,05$). Ces valeurs sont comparables à celles des cladodes de moins d'un an étudiées par Nefzaoui et Chermiti (1991) Mais restent supérieures à celle de la laitue et de l'épinard qui contiennent moins de 3%. Les sucres totaux augmentent de façon significative en fonction du stade de croissance passant de 1,66 au stade 1 à 8,80% au stade 5. Ils sont indicateurs d'une valeur énergétique élevée des cladodes. Quand aux sucres réducteurs, ils varient de façon moins marquée au cours de la croissance. Leur teneur augmente de 1,13% au stade 1 à 4,01 % au stade 5. Cette faible teneur notamment pour les trois premiers stades limite les risques de brunissement lors des traitements thermiques.

Tableau 2

Composés majeurs des cladodes d'*Opuntia ficus indica*, variété inerme provenant de la région de Blida

constituants	Stades de croissance					
	1	2	3	4	5	probabilité
Teneur en eau en% PF	92,37±1,60	93,46 ± 1,82	93,61 ± 0,46	94,02 ± 0,45	94,44± 0,49	0,3038
Matières Minérales en % /MS	12,00±0,27	13,81 ±0,38	13,84 ±0,20	13,99 ±0,05	15,49±0,54	0,0001
Fibre brute en% MS	8,84 ±1,45	9,15 ± 0,98	9,73 ± 0,49	10,95 ±1,23	11,62±0,65	0,0437
sucres totaux en % MS	1,65±0,40	4,91±1,81	5,79±2,94	7,52± 0,58	8,79±0,18	0,0000
Sucres réducteurs % MS	1,13±0,18	1,53±0,03	1,95±0,04	2,22±0,12	4,01±0,45	0,0115
Matière azotée totale en % MS	2,4± 0,41	2,36.± 0,26	2,51± 0,05	3,67±0,46	3,69±0,69	0,0009
Acidité titrable en %	0,21± 0,04	0,25± 0,01	0,33± 0,01	0,42± 0,02	0,52± 0,04	0,0001

La teneur en azote reste faible au niveau des jeunes cladodes, comme dans la plupart des légumes et fruits. Elle varie de 2,4 à 3,69% ($p < 0,05$) ; d'autres auteurs ont observé que cette teneur diminue après un an et dépend de la nature des sols et de la fumure apportée (Nefzaoui et Ben Salem, 1995; Lehouerou H.N., 1996). L'acidité titrable des cladodes qui varie de 0.21 à 0.52% ($p < 0,05$) reste faible aux trois premiers stades ($\text{pH} < 4,7$). Elle est proche de celle observée par Rodriguez-Felix et Cantwell (1988). Ainsi, les cladodes légèrement acides des stades 2 et 3 paraissent appropriées pour une utilisation alimentaire et culinaire, une tendance à l'acidification en cours de croissance, contrairement à celle des fruits en cours de maturation (Sawaya et al, 1983.)

2. Les constituants bioactifs et minéraux

La chlorophylle dont les dérivés ont un rôle préventif du cancer (Chernomorsky, 1999), Leur teneur augmente de 0,347mg au stade 1 à 0,432mg /100g au dernier stade (5). Cette évolution peut expliquer l'activité métabolique plus intense aboutissant aux sucres (mucilages) et par le début de la fructification. Quand à la teneur en caroténoïdes, elle passe de 0,077 au stade 1 à 0,047mg pour 100g PF au stade 5 ($p < 0,05$). (Figure 1) Cette augmentation est faible mais reste plus élevée comparée à celle observée par Rodriguez-Felix et Cantwell, (1988) au Mexique (USA), elle est cependant proche de celles des autres légumes, avec 0,01 à 9mg pour 100g PF (Tirilly et Bourgeois, 1999)

Tableau 3

Teneurs en chlorophylles totales et caroténoïdes des cladodes d'*Opuntia ficus indica*, variété inerme à différents stades de croissance (région de Blida)

constituants	Stades de croissance					probabilité
	1	2	3	4	5	
Chlorophylles totales mg/100g PF	0,347±0,021	0,357±0,09	0,409±0,063	0,428±0,099	0,432.±0,038	0,2656
Caroténoïdes en mg/100g PF	0,077±0,006	0,062±0,001	0,056±0,006	0,042±0,0041	0,047±0,0051	0,0367

La teneur en composés phénoliques, connus pour leur rôle antioxydant, varie de 41,6 au stade 1 à 23,4 mg /100g de cladodes fraîches au stade 5. Elle connaît une relative tendance à la baisse en cours de croissance (figure.1). Les tanins composés responsables de l'astringence de certains fruits et boissons, (Tirilly et Bourgeois, 1999; Scalbert et Williamson, 2000), varie peu avec 6 à 6,75mg en cours de croissance (figure 1). La teneur en vitamine C des cladodes atteint près de 15 mg/100g (figure 1),

ce qui en fait un "légume" comparable aux autres fruits et légumes de large consommation. Cette teneur qui baisse durant la croissance montre que les trois premiers stades sont les plus intéressants (figure 1). Selon De Kock, (1965) et Felker, (1995) la teneur en vitamine C est en général de 10mg/100g et peut atteindre jusqu'à 30 mg.

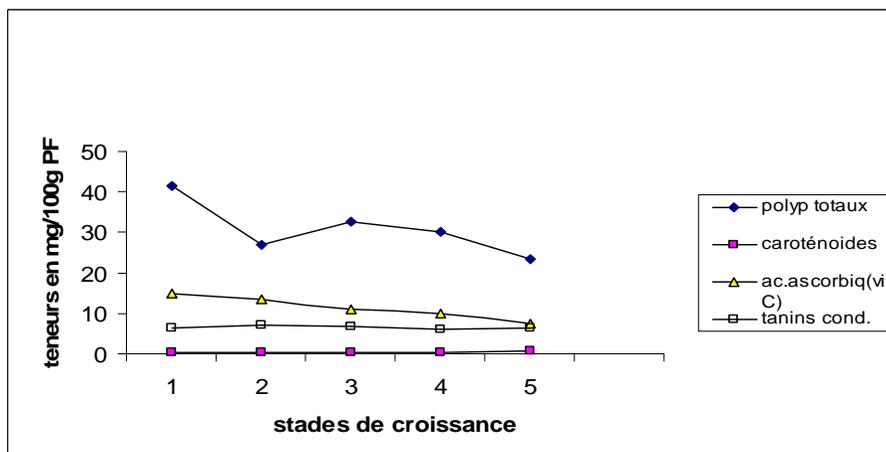


Figure 1. Évolution de la composition en polyphénols, tanins, caroténoïdes et vitamines C des cladodes

L'analyse de la composition minérale met en évidence la prédominance du calcium à tous les stades de croissance avec un taux variant de 5,18 à 6,13% pour les plus jeunes cladodes (Stade 1 à 3). Cette teneur est plus élevée pour des cladodes dont le poids est égal ou supérieur à 170g (stade 4 et 5); elle atteint 7,27%. La teneur en calcium et magnésium est, quelque soit le stade de croissance, plus élevée que celle trouvée dans les feuilles d'épinard avec 1,62g/100g PF et de la carotte 0,3g et 0,14g /100g (Tirilly et Bourgeois, 1999; Répertoire générale des aliments, 1996). Elle augmente de façon plus importante que les autres minéraux. La teneur en potassium (K^+) varie de 2,75 à 2,30 % chez les jeunes cladodes; alors que pour les cladodes de poids plus élevé (4 et 5) la teneur connaît une diminution jusqu'à 1,66 % de la MS. Alors que la teneur en magnésium (Mg^{++}), augmente de 1,21 à 1,66% dans les jeunes cladodes (Tableau 4). C'est dans les lots 2 à 4 qu'en observe le meilleur équilibre pour la satisfaction des besoins nutritionnels. La même évolution a été observée par Tegegne (2004). On observe une faible teneur en P et Na^+ dans les différents lots. Elle diminue en cours de croissance passant pour P de 0,62 à 0,13%. Les teneurs en micro-éléments des cladodes de taille moyenne (stade 3) Cu^{++} , Mn^{++} , Fe^{++} et Zn^{++} sont comparables à celles des autres légumes.

Tableau 4

Evolution de la composition minérale en % de la matière sèche des cladodes d'*Opuntia ficus indica*, variété inerme provenant de la région de Blida à différents stades de croissance

minéraux	Stades de croissance				
	1	2	3	4	5
Ca ⁺⁺	5,08±0,14	5,52±0,72	5,58± 0,78	6,89±0,05	7,27±0,46
K ⁺	2,75±0.01	2.50±0.07	2,30±0,16	1,95 ±0.01	1.66±0.01
Mg ⁺⁺	1,21±0.08	1,29±0.06	1,66±0.05	1,99±0.05	1.66±0.09
P	0,62±0.23	0,5±0,18	0,38±0,22	0,2±0,16	0,13±0,1
Na ⁺	0,043 ±0,03	0,047 ±0,03	0,072 ±0,03	0,077 ± 0,03	0,079 ±0,07
Fer	0,33±0.01	_____	0,65±0,05	_____	0.25±0,05
Cuivre	0,29±0.03	_____	0.34±0,05	_____	1.57±0,12
Zn ⁺⁺	0,6± 0.001	_____	0.3± 0.02	_____	0.03± 0.002
Mn ⁺⁺	0,04±0.02	_____	0.14±0.01	_____	0.21±0.05

Ainsi, l'utilisation fourragère des cladodes, devrait être complété par une source azotée telle que l'atriplex, la luzerne, le tourteau de graines de coton ou d'autres protéagineux ou par l'urée + paille (Nefzaoui, 1991 ; Nefzaoui et Bensalem, 1995).et une correction du déséquilibre minéral et notamment du rapport Ca/P qui est plus défavorable avec l'age.Comparé aux légumes tels que la laitue et les épinards, les cladodes apparaissent intéressantes par leur richesse en sucres totaux, vitamines C, fibres, minéraux et leur faible acidité. En prenant en compte la composition, l'intérêt nutritionnel et la biomasse développée; l'équilibre minéral, la composition en vitamine C, polyphénols et fibres montre que les stades 2 à 4 se présentent avec un optimum de qualité pour l'alimentation-

3. Qualité nutritionnelle

En tenant compte du poids moyen des "nopalitos"(80 à 100g.) utilisés comme légume au Mexique et Chili et du modèle de consommation au Maghreb (CIHEAM, 1995) basé sur des apports d'origine végétale. Les légumes (non compris pomme de terre) représentent 246 à 265g/jour de la ration (1n Ramdane, 1982). Les apports en

nutriments par rapport aux besoins journaliers ont été déterminés pour une consommation de 130g de cladodes fraîches du stade 3 (105g) ce qui représente 50% de la consommation quotidienne en légumes- (tableau 5)

Tableau 5

Estimation de la qualité nutritionnelle des jeunes cladodes au stade 3

nutriments	consommation		Apports selon le stade 3 déterminés pour 130g MF	% De la contribution
	(*)	(**)		
Protéine (g/jour)	54	55	0, 225± 0.005	0,46
Fibre (g/jour)	>25		0, 93 ± 0.049	3,76
Vitamine C (mg/jour)	60	30	9,96± 0.08	16,6 / 33,2
Na (mg/jour) ^c	500"		0,072 ±0,03	négligeable
K (mg/jour) ^c	2000"		207±16	10,4
Ca (mg/jour)	800	500	495± 78	62,0 / 99
Mg (mg/jour)	350 330"	400	150 ± 5	42,85 /37,5/
P (mg/jour)		1000	34,2± 0,22	3,42
Fe (mg/jour)	10	12	0,60	6,5 / 5 /
Cu (mg/jour) ^d	0,9		0,03	3,3
Zn (mg/jour)	15		0,3±0.02	20
Mn (mg/jour) ^d	2,3 1,8"		0.14±0.01	6 /7,8

(*) Recommandé par E.M. Díaz Medina, E.M. Rodríguez Rodríguez and C. Díaz Romero (2006)

" minimum recommandé

(**) recommandé en Algérie par FAO – OMS (1969) in Ramdane 1992

^cNa and K (Food & Nutrition Board, 1989).

^dCu, Mn and Cr (Food & Nutrition Board, 2001).

L'apport en composés phénoliques ne figure pas en général dans les rations recommandées malgré leur rôle antioxydant comme l'acide ascorbique (vitamine C), alors que des travaux réalisés par Krebs-Smith, Cook, Subar, Cleveland, & Fridayen (de l'Américaine Cancer Society) en 1995 suggèrent un apport de 120mg/jour pour prévenir les dégénérescences cellulaires et cancéreuses. Ainsi par déduction 130g de cladode apportent 39 mg de polyphénols et peuvent couvrir plus de 32,5% des besoins. La

consommation modérée de cladodes de taille moyenne (90-105g), peut satisfaire les besoins journaliers en vitamine C jusqu'à 33%, alors que la couverture est faible ou négligeable s'agissant des protéines (0.46%) et des fibres avec 3,88%. Quand à l'apport minéral, il est conséquent pour le Ca^{++} , Mg^{++} avec une contribution qui est respectivement de 62 , 42%, et elle est plus faible pour K^+ et P, avec 10,4 et 3,4%. Saenz et Montoya (1999) confirment que Les cladodes constituent en plus de leur apport en sucre et fibre alimentaire, une source intéressante de calcium et de potassium au regard des besoins nutritionnels de l'homme. Les micro éléments Fe^{++} , Cu^{++} , Mn^{++} qui répondent en moyenne à 6% des besoins journaliers restent faibles sauf pour Zn^{++} ou il atteint 20% des besoins. Selon Díaz Medina *and al* (2006) le Mn^{++} et Cr^{++} présent dans la plante mais surtout dans le fruit ont un rôle dans la prévention des dommages dus aux radicaux libres et contribuent au traitement du diabète non insulino-dépendant. On observe une corrélation hautement significative entre acidité et Mn^{++} , K^+ et Zn^{++} , en cours de croissance, et entre K^+ et Mg^{++} , mais non significative entre phénols totaux et pH ou acidité, contrairement aux résultats de Díaz Medina *and al* (2006) sur les fruits. Il y a également une corrélation hautement significative entre vit C et sucres totaux.

CONCLUSION

Ces premières analyses mettent en évidence de nombreuses similitudes de part leur composition chimique ou de leur valeur nutritive avec divers légumes tels que l'épinard, la laitue et les tomates (Rodriguez et Cantwell ,1988; Tirilly et Bourgeois, 1999). La teneur en eau des jeunes cladodes qui atteint jusqu'à 92%, est également proche de celle des épinards et de la tomate. Celle des minéraux qui est de 12% à 15,4% MS selon le stade de croissance, est plus élevée que celle de nombreux légumes. La teneur en calcium (Ca) couvre plus de 62% des besoins de l'homme, alors que le Mg^{++} et le K^+ couvrent jusqu'à 45 et 10% des besoins et sont comparables à ceux de la tomates et des épinards. La teneur en Cu^{++} et Fe^{++} peut apporter une contribution non négligeable à la satisfaction des besoins alimentaires qui sont respectivement de 0.9 et 10 mg /jour d'après Díaz Medina, (2006). Les jeunes cladodes de l'*Opuntia* sont riches en fibres avec 9 à 10% de la MS. Ils sont d'autre part, bien pourvus en sucres solubles. La vitamine C qui dépend du stade de croissance, varie de 14.7 à 11mg pour les jeunes cladode des lots 1,2 et 3 .Elle peut satisfaire de façon importante les besoins estimés à 80mg/jour pour un homme. Quand aux polyphénols dont les rôles bioactifs ont été largement démontré, ils sont moyennement représentés avec 30-32mg/100g PF comparé à la pulpe de fruit. Sur le plan nutritionnel, en prenant en compte les stades de croissance et par référence aux "nopalitos", les jeunes cladodes de l'année (stade 2 à 4) se présentent avec un optimum de qualité quand à la teneur en vitamines, polyphénols, fibres, sucres totaux et réducteurs, biomasse comparés à la référence *nopalitos* actuellement consommé et commercialisé- Ils sont par ailleurs moins fibreux

pour être apprécié par le consommateur, plus tendre et agréable à la bouche avec leur goût acidulé. Les résultats de notre étude sur les jeunes cladodes d'*Opuntia* inermis de la région de Blida (Algérie) convergent vers la possibilité d'une utilisation alimentaire des écotypes de cette région. Cette utilisation reste toutefois tributaire de la vulgarisation pour convaincre et faire admettre ce "légume" dans les habitudes alimentaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Barbera G. 1995. History, economic and agro-ecological importance. In Barbera, G., Inglese, P., & Pimental-Barrios, P. (Eds.), *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear* (pp. 1–11). FAO Plant Production and Protection Paper, 132.
2. Cantwell M., 1991. Quality and postharvest physiology of napolitos and tunas. Proc. Second annual Texas prickly pear conferences Mc Allen. Texas : 50-66p.
3. Cárdenas Medellín, S. Serna Saldívar and J. Velazco de la Garza , 1998, Efecto de la ingestión de nopal crudo y cocido (*Opuntia ficus indica*) en el crecimiento y perfil de colesterol total, lipoproteína y glucosa en sangre de ratas, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 48, pp. 316–323.
4. Saenz Carmen, 2006, Utilizacion agroindustrial del nopal Bulletin des services Agricoles de la FAO 162, Roma, pp.107-109109.
5. Chernomorsky S., Segelman A and Poretez R.,1999, . Effect of Dietary Chlorophyll Derivatives on Mutagenesis and Tumor Cell Growth. *Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis.*, 79 : 313-322
6. CIHEAM Options Méditerranéennes, Sér. B / n°14, 1995 - Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000
7. Díaz Medina E.M., Rodríguez Rodríguez E.M. and. Díaz Romero C. .2006, Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits , *Food Chemistry*, (Article in Press - on line sc.direct 27 sept 2006)
8. De Kock G.C., 1965 Manejo y utilizacion del nopal sin espinas. En congreso Internacional de pasturas.90 Anales Sao Paulo, Brazil ,2:147.
9. Dubois M. & al [1956], *Analytical chemistry*, 28, n°3 p 350-356). .
10. FAO., (1971)"Techniques de développement pastoral", vol.3, plantation d'arbustes fourragers, projet FAO Tun. 71/540, Ariana -Tunisie (1971), 17p.
11. Frati, A.C. Jiménez E. and Ariza R.C., 1990, Hypoglycemic effect of *Opuntia ficus indica* in non insulin-dependent diabetes mellitus patients, *Phytotherapy Research* 4, pp. 195–197.
12. Felker B., (1995). Résultats d'un essai sur l'alimentation du mouton en période de disette fourragère au centre d'Oussetta. Tunis , FAO. Projet TUN/176P.