

COMPOSITION AND EFFECTS OF *Opuntia ficus indica* CLADODES JUICE ON LACTIC BACTERIA GROWTH AND YOGHOURT ACIDIFICATION

T. HADJ SADOK*, F.Z. CHAOUCH, A. BOUTEKRABT

Université Saad Dahlab - Faculté des sciences agrovétérinaires - Département Agronomie.

*E-mail hadjith@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Le jus de cladodes d'*Opuntia ficus indica* (inermis) extrait par pression a montré une composition intéressante en sucres, polyphénols et acide ascorbique (vitamines C) à différents stades de croissance mais surtout chez les organes les plus jeunes ayant moins de 170 g.

Pour les jeunes cladodes de poids proches des "nopalitos" utilisés en alimentation dans certains pays (78 - 130 g) ; les teneurs en polyphénols, acide ascorbique, extrait sec soluble des jus extraits sont respectivement de 326 mg/l, 63 mg/l, 4,3 mg/l.

L'utilisation des jus de cladodes partiellement concentré à 60% pour enrichir le yaourt a permis d'observer que les quantités de 10% ont des effets significatifs sur la croissance des bactéries lactiques *Streptococcus thermophilus*, et *Lactococcus lactis sub sp cremoris* mais affectent moins *Lactobacillus bulgaricus* et notamment la croissance de *Bifidobacterium infantis*.

L'addition du jus au yaourt dans une proportion de 10% a un effet sensible sur la cinétique de fermentation en réduisant la durée d'incubation par rapport au témoin. Une faible modification du goût et de la couleur du yaourt ont été constatés, ce qui a peu modifié l'acceptabilité.

Mots Clés : cladodes, composition, bactéries lactiques, nopalitos, jus de cladodes, fermentation.

SUMMARY

The cladodes juice extracted through pressure of *Opuntia ficus indica* spinless has an interesting sugar, polyphenols and ascorbic composition at different growth stage ; particularly in young stem with weight lower than 170 g.

The young cladodes with weight close to "nopalitos" consumed in some country and Mexico (78 -130 g) have a content of polyphenol, ascorbic acid (vitamin C), soluble dry matter with respectively : 320 mg/l, 93 mg/l, 45 mg/l.

However, the use of juice partially concentrated at 60% to improve the yoghurt quality has revealed that a 10% quantity had a significant effect on rate growth of lactic bacteria *Streptococcus thermophilus*, and *Lactococcus lactis sub sp cremoris* but had a limited effect on *Lactobacillus bulgaricus* growth, particularly on *Bifidobacterium infantis* growth.

The addition of cladodes juice to the yoghurt at a rate of 10% had a sensitive effect on the fermentation kinetic, leading to a shortening of the incubation lasting comparatively to the control.

A slight modification of taste and yoghurt colour have been noticed. Acceptability was slightly modified.

Key Words : cladodes, composition, lactic bacteria, nopalitos, cladodes juice, fermentation.

INTRODUCTION

L'*Opuntia* ou figuier de barbarie qui est une plante succulente de type CAM (Crassulacean Acid Metabolism) (NOBEL, 1988), présente des adaptations physiologiques et morphologiques permettant à la plante de résister à la sécheresse, aux vents violents, aux tempêtes de sable et au sirocco (OPPENHEIMER, 1962 ; SUDZUKI, 1995 ; MULAS, 2004). Il se développe dans les conditions semi-arides et dans de nombreux pays l'*Opuntia ficus indica* fait l'objet d'une culture à part entière (in BARBERA, 1995).

C'est une plante dont toutes les parties peuvent être consommées. Les jeunes cladodes "nopalitos" sont utilisés au Mexique et dans d'autres pays d'Amérique du Sud comme aliment par les différentes couches sociales de la population (MIZHARI, 1997; CANTWELL, 1991).

La variété inerme présente quand à elle l'avantage d'être facilement utilisée comme fourrage par rapport à la variété épineuse. Elle peut constituer plus de 40 % de la ration alimentaire des animaux (NEFZAOU, 1996).

Les cladodes sont également valorisées dans l'industrie cosmétique (PIMIEN-TA-BARRIOS, 1994.), des adhésifs ainsi que dans l'industrie du papier et caoutchouc (TRACHTENBERG et MAYER, 1982). Le mucilage composé essentiellement de polysaccharides complexes peut être utilisé comme additif dans de nombreux produits industriels et alimentaires (SAÉNZ *et al.*, 1992 ; CARDENAS *et al.*, 1997).

En plus de l'apport nutritionnel, les jeunes cladodes ont un potentiel médicinal selon SAÉNZ-HERNANDEZ, (1995) et SAÉNZ CARMEN,(2000). Parmi les vertus médicinales, il leur est reconnu un effet anti ulcère (GALATI *et al.*, 2001 ; LEE *et al.*, 2002 et GALATI *et al.*, 2002a), diurétique, anti-inflammatoire et cicatrisant (GALATI, *et al.*,

2002b) hypoglycémique et même hypocholestérolémiant (CÁRDENAS MEDELLÍN *et al.*, 1998). Une micro encapsulation des substances bioactives des fruits (polyphénols, pigments rouges et autres antioxydant) est envisagé en vue de leur incorporation dans les systèmes alimentaires (CARMEN SAÉNZ *et al.*, 2009). Certains travaux font même état de propriétés antivirales (STINTZING and REINHOLD CARLE, 2005).

Dans le domaine alimentaire, les jeunes cladodes sont utilisés pour la fabrication de nombreux produits. Au Chili et au Mexique, ils sont utilisés pour préparer les confitures, marmelades, harinas (poudres de cladodes) et sont intégrés dans la préparation des plats tels que: salmueras, escabèches, salsa, (CORRALES-GARCIA et SAÉNZ, 2006). Leurs mucilages, qui constituent un apport de fibres alimentaires, ont également des propriétés gélifiantes (TRACHTENBERG & MAYER, 1981).

Le jus issu des nopalitos (cladodes) fait également l'objet d'un intérêt croissant au Sud des Etats-Unis (Texas) et Mexique pour la préparation de boissons (RODRIGUEZ, 1999).

A cet effet et compte tenu des potentialités de production en Algérie et du prix de revient, nous avons étudié la possibilité d'enrichir des produits lactés avec le jus de jeunes cladodes. Aussi, dans une première étape, nous nous sommes intéressés à la variation de la composition des jus obtenus par pression à différents stades de croissance et l'effet du jus sur la croissance des ferments lactiques puis sur l'acidification du yaourt. Ce produit laitier constituant une part importante dans la consommation, peut être en effet enrichi en Vitamines C, polyphénols, fibres, potassium, magnésium et peut constituer un apport médicinal lié aux propriétés des constituants. Il s'agit donc d'entrevoir une possibilité de complémentarité sans perturber l'acceptabilité ou modifier de façon importante le processus technologique

actuellement utilisé et les équilibres physico-chimiques essentiels du yaourt.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel d'étude

Les raquettes ont été prélevées au niveau du piémont de montagne de Bou Arfa à 203 m d'altitude. Cette région jouit d'un climat de type méditerranéen avec des températures moyennes de 24°C avec des maxima de 33,6°C et des minima de 0,4 à 7°C.

Le prélèvement des cladodes a été réalisé durant le mois de mai de façon aléatoire à partir de 10 arbustes et classés en 5 lots (tableau I). La population prélevée a moins de 3 mois d'âge. Les échantillons sont conservés à 4°C pendant une durée de 3 jours.

2. Extraction du jus

Les cladodes des différents stades sont nettoyés, découpés et pressés manuellement, le jus recueilli représentant 37 % du poids frais est filtré, puis partiellement concentré (à 60 %) et congelé. Les analyses ont été réalisées en trois répétitions pour chaque lot.

3. Analyses

a) Analyses chimiques

La teneur en matière sèche (MS) a été déterminée selon la méthode de référence officielle AOAC (1990) à 105 °C et la teneur en matières minérales d'après AFNOR NFV 03-760 à une température de 550 °C pendant 4 heures 30 et l'acidité par la méthode normalisée (NFV05-101 de janvier 1974) avec NaOH 0,1N à pH 8,1 et les résultats sont exprimés en milliéquivalent pour 100 ml.

Les composés phénoliques solubles totaux sont déterminés par la méthode colorimétrique en présence du réactif de FOLIN CIOCALTEU à 750

nm et exprimé en acide gallique. Les tanins sont dosés selon la méthode colorimétrique avec le réactif FOLIN - DENIS, décrite par JOSLYN (1970). La concentration en °Brix (extrait sec soluble) est déterminée à une température de 20 °C par réfractomètre. La teneur en caroténoïdes a été déterminée selon la méthode LICHTENTHALER (1987). La méthode utilisée pour le dosage de l'acide ascorbique est celle de SARKAR (1994). Les résultats sont exprimés en mg d'acide ascorbique.

b) analyses microbiologiques

Les analyses ont consisté à contrôler la pureté des souches lactiques utilisées provenant de Yomix ; sous forme lyophilisé pour *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis ssp cremoris*, *Lactobacillus bulgaricus* alors que *Bifidobacterium infantis* est une souche isolée à partir des selles de nourrissons.

Ces souches conservées à - 18 °C sont réactivées dans les bouillons nutritifs (BN) pour les deux premiers soit *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis ssp cremoris* à 42°/48 h et 37°/24 h, le *Lactobacillus bulgaricus* subit deux fois les repiquages sur BN et MRS et est incubé à 37 °C ; alors que *Bifidobacterium infantis* est repiqué en deux fois sur bouillon MRS et incubé à 37 °C pendant 48 heures. Après réactivation, les souches subissent un contrôle de pureté.

L'isolement et le développement des souches a été fait à partir des bouillons nutritifs (BN) :

- sur milieu M17 pour *Streptococcus thermophilus* et, *Lactobacillus lactis ssp cremoris*.
- sur gélose MRS pour *Lactobacillus bulgaricus*.
- sur gélose Columbia pour *Bifidobacterium infantis* en profondeur et incubation à 37 °C pendant 24 heures.

Ensuite, on prépare les pré-cultures par ensemencement de chaque souche dans le lait écrémé stérile pendant 18 heures ; puis on ensemence en prélevant 1 ml les tubes contenant le lait écrémé seul (9 ml) et les tubes contenant lait + jus de cladodes (stades 3 et 4 concentré à 60%) réajusté à pH 6,8. Après dilutions en milieu TS, on procède à l'ensemencement sur gélose M17, MRS, Columbia et incubation. Le dénombrement est réalisé après 30 mn, 2 h, 4 h, 6 h puis 24 h ; le résultat est exprimé en Log UFC/ml. L'ensemble des analyses ont été conduites d'après LARPENT (1997) et SUTRA and *al.*, (1998) Le pH du jus ayant été préalablement réajusté à 6,8.

Pour la mise en évidence de l'effet du jus de cladodes (pH 4,30) sur la fermentation du yaourt ; celui-ci est recueilli en usine en pots juste après l'addition des ferments et il est rapidement refroidi. Le protocole a consisté ensuite à additionner à 4 lots de yaourts composés chacun de 5 pots, 0 - 2,5 - 5 et 10 ml de jus concentré à 60 % et de suivre l'évolution de la cinétique d'acidification et contrôle du pH après 30 mn (T0), 1 h, 3 h, 4 h et 5 h.

Afin de mettre en évidence l'effet des constituants sans l'influence du pH, un essai a été réalisé après réajustement du pH à 6,8-6,7.

4. Analyse statistique

Le traitement statistique des données a été réalisé par le logiciel statistique version 4 copyright 87 / 88.

- Si probabilité < -0,05 (S : significatif) ;
- Si probabilité = 0,00X (HS : hautement significatif) ;
- Si probabilité = 0,000 (THS : très hautement significatif).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Composition selon les stades de croissance

L'augmentation significative des paramètres poids, longueur et largeur des cladodes selon le stade de croissance a montré aussi une corrélation significative entre ces paramètres (0,978 entre les dimensions et 0,89 - 0,909 entre poids et dimensions). Ces données indiquent que les échantillons sont homogènes et issus probablement du même écotype. La matière sèche évolue pondéralement mais de façon peu importante par

Tableau I : Répartition des lots de cladodes et caractéristiques selon le stade de croissance.

lots	1	2	3	4	5	probabilité	Test newman et keuls
Poids en g	34,67 ± 3,51	60,23 ± 9,51	105 ± 14,35	172 ± 12,21	342 ± 24,54	0,0000	T H S
Longueur (en cm)	12,5 ± 0,77	15 ± 2,11	20,19 ± 2,00	24,5 ± 2,2	30 ± 2,00	0,0000	T H S
Largeur (en cm)	6,47 ± 0,95	8,10 ± 0,50	9,28 ± 0,75	11,83 ± 0,88	13,65 ± 0,58	0,0000	T H S
Matière sèche en %	8,14 ± 0,045	7,73 ± 0,26	7,47 ± 0,036	6,83 ± 0,045	5,77 ± 0,065	0,439	NS
Matière minérale en % MS	13,04 ± 0,091	13,63 ± 0,072	14,12 ± 0,052	14,73 ± 0,069	15,30 ± 0,03	0,0418	S

Tableau II : Composition des jus de cladodes issus de pression non concentré.

Composition Jus de cladodes	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Stade 5	probabilité Seuil 5%	Test newman et keuls
Acidité en %	0,28±0,02	0,60±0,08	0,76±0,06	0,82±0,04	0,93±0,02	0,000	T H S
Conc en °Brix en % (extrait sec soluble)	4,47±0,04	4,42± 0,03	4,37±0,07	4,33±0,06	4,22±0,078	0,0018	H S
Polyphénols en mg/ L de jus	416±2,00	228±1,00	326±2,00	301±1,73	234±1,00	0,0000	T H S
Tanins condensés mg/l	71,67±1,53	77,00±3,00	75,01±6,00	66,67±1,15	70,67±1,53	0,0183	S
Acid ascorbique en mg/ L (vitC)	83±1,320	75±0,90	63±1,00	36±0,780	19±1,320	0,000	T H S
Caroténoïdes mg/L	0,023±0,01	0,033±0,01	0,036±0,01	0,051±0,01	0,069±0,01	-----	-----

rapport aux stades de croissance ($p>0,05$) contrairement à la teneur en cendres (minéraux) ($p<0,05$) qui est lié à l'importance de l'eau.

Les cladodes ont des teneurs en matière sèche relativement faible (8,14 à 5,77 % au stade 5). Celles des jeunes cladodes (1 à 3) se rapprochant de celles des légumes feuillues endives, épinard, céleri (TIRILLY et BOURGEOIS, 1999) - La teneur en matières minérales est cependant plus élevée que celle des légumes avec 13 à 15,30% de la matière sèche.

Les jus ont une concentration en extrait sec soluble et des teneurs en polyphénols et acides ascorbiques relativement importants aux stades 2 et 3 équivalents aux "nopalitos". Les jus des plus jeunes cladodes étant les plus pourvues en polyphénols et acide ascorbique avec près de 326 mg/l et 63 mg. La teneur en acide ascorbique est toutefois plus faible que celle observée dans les cladodes entières avec 13 à 20 mg/100 g (DEKOCK, 1965) et dans le fruit avec 26 à 45 mg/100 g (SAWAYA *et al.*, 1983 ; JOSEPH O. KUTI, 2004).

Les caroténoïdes sont cependant moins représentés par rapport aux fruits 2,5 mg/100 g exprimés en vitamine A (SAWAYA *et al.*, 1983). Mais leur teneur est proche de celles des autres légumes comprises selon TIRILLY et BOURGEOIS (1999) entre 0,01 et 9 mg.

Les tanins condensés représentent dans le jus de cladodes près de 71 mg/l Cette teneur est élevée comparée à celles des fruits avec 29 mg/1000 g MF (JOSEPH O. KUTI, 2004) et des jus d'orange (56.3 mg/L) mais proche de celle des dattes (SAWAYA, 1983).

La faible teneur en extrait sec soluble avec 4 à 4,5% comparé à la pulpe de fruit avec 12 - 17 (SAËNZ-HERNANDEZ, 1995), peut être augmenté par une amélioration du taux d'extraction ou par concentration.

La diminution significative ($p<0,05$) des constituants bioactifs en fonction de la croissance montre que les plus jeunes cladodes (stade 1 à 4) sont les mieux adaptés pour l'alimentation. Mais en tenant compte de la biomasse (rentabilité)

composition et équilibre minérale des cladodes, les stades 2 et 3.

A ces nutriments, s'ajoutent une richesse en fibres (mucilages) et une teneur en minéraux Ca, Mg et K intéressantes (NEFZAOUI et CHERMITI, 1991, NEFZAOUI *et al.*, 1995, MORTET, 2001 in REBIHA 2006).

Ainsi, ces données confirment l'intérêt des cladodes et des jus de cladodes sur le plan nutritionnel. Ils mettent en évidence la possibilité de valorisation par l'enrichissement et l'amélioration de la qualité du yaourt, par l'apport de constituants dont certains ont un rôle biologique important (polyphénols, vitamines C, Mg, fibres, mucilages) aux produits laitiers qui ont sont dépourvus ou déficients. L'importance qu'occupera le jus va surtout dépendre de l'acceptabilité du produit, le jus pouvant être

concentré en fonction de l'évolution des habitudes alimentaires.

2. Croissance des bactéries lactiques en présence de lait écrémé + jus de cladodes et lait seul exprimé en log UFC/ml.

L'effet du jus de cladodes sur les ferments lactiques est plus ou moins sensible selon les souches (tableau III).

- Pour *Streptococcus thermophilus* le jus de cladodes accélère leur croissance entre le temps T0 et T4 (log UFC = 9,09) en 4 h par rapport au témoin dont le maximum correspond à log UFC = 8,90 (figure 1). L'effet du jus est hautement significatif ($p < 0,05$).

- Pour *Lactococcus lactis ssp cremoris* (figure 2) le jus de cladodes affecte la cinétique de croissance puisqu'on observe un développement moins important par rapport au témoin après T0. Après T0 on observe un ralentisse-

Tableau III : Cinétique de croissance des ferments dans un milieu lait seul et lait + jus.

Souches	milieu	Durée d'incubation (en heures)					proba bilité	Test New man et keuls
		0	2	4	6	24		
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Lait écrémé (L)	7,45 ± 0,06	7,88 ± 0,12	8,90 ± 0,01	9,11 ± 0,02	7,98 ± 0,05	0,000	T H S
	Lait écr. +jus (L+J)	7,59 ± 0,04	8,19 ± 0,02	9,09 ± 0,06	8,52 ± 0,14	7,54 ± 0,07		
<i>Lactobacillus lactis ssp cremois</i>	Lait écrémé (L)	7,47 ± 0,15	9,18 ± 0,04	10,26 ± 0,04	10,01 ± 0,02	9,44 ± 0,03	0,000	T H S
	Lait écr. +jus (L+J)	8,13 ± 0,03	9,21 ± 0,02	9,54 ± 0,03	9,53 ± 0,02	9,40 ± 0,03		
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Lait écrémé (L)	7,83 ± 0,02	8,17 ± 0,04	9,25 ± 0,02	8,88 ± 0,55	8,77 ± 0,03	0,0179	S
	Lait écr.+jus (L+J)	7,98 ± 0,03	7,98 ± 0,07	8,66 ± 0,01	8,78 ± 0,53	7,91 ± 0,00		
<i>Bifidobacterium infantis</i>	Lait écrémé (L)	7,57 ± 0,02	7,77 ± 0,06	9,32 ± 0,05	9,13 ± 0,05	8,65 ± 0,03	0,0259	S
	Lait écr.+jus (L+J)	7,71 ± 0,05	7,93 ± 0,01	9,45 ± 0,00	9,16 ± 0,11	8,92 ± 0,06		

L : Lait stérilisé témoin ; J : jus de cladodes

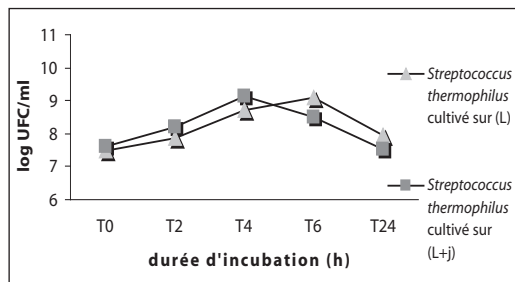


Figure 1 : Evolution de la cinétique de croissance de *Streptococcus thermophilus*.

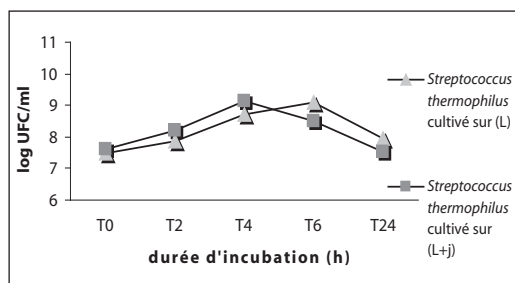


Figure 2 : Evolution de la cinétique de croissance de *Lactococcus lactis subsp cremoris*.

ment de la croissance jusqu'à T5 et donc un effet inhibiteur. La différence de croissance due à l'effet jus est hautement significative ($p < 0,05$).

- pour *Lactobacillus bulgaricus* : le ferment est sensible à la présence des constituants du jus puisque sa croissance est ralentie par rapport au témoin (lait seul) (figure 3). L'effet jus est significatif sur la croissance des bactéries ($p < 0,05$).

- pour *Bifidobacterium infantis* les constituants du jus de cladodes n'ont pratiquement que très peu d'effet sur la cinétique de croissance jusqu'à T5. Les courbes de croissance des bactéries, montrent de faibles différences entre les deux échantillons - Cette bactérie est donc moins sensible aux constituants du jus, à T0 la différence entre colonies est liée surtout à la charge dans les deux échantillons marque le départ, mais la différence observée après 6 h (figure 4) peut être liée à l'effet jus (sucres) Ce qui explique une variation avec $p < 0,05$.

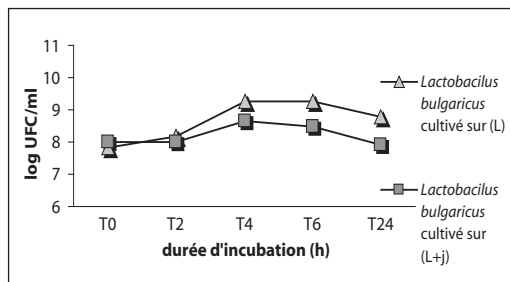


Figure 3 : Evolution de la cinétique de croissance de *Lactobacillus bulgaricus*.

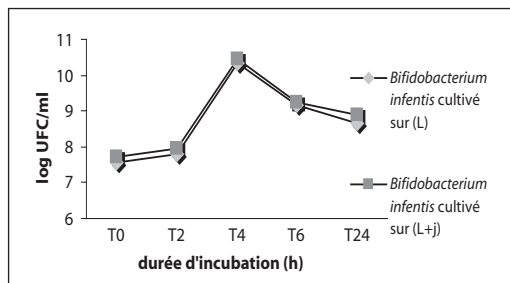


Figure 4 : Evolution de la cinétique de croissance de *Bifidobacterium infantis*.

Cette évolution montre ainsi que le jus a une action plus ou moins marquée sur les bactéries lactiques, les plus sensibles sont *Lactococcus lactis subsp cremoris* et les bactéries *Streptococcus thermophilus* qui se développent plus rapidement entre T0 et T4 ; l'analyse statistique de l'effet du jus montre que les souches de *Lactobacillus bulgaricus* et notamment *Bifidobacterium infantis* sont les moins affectées.

Des travaux utilisant des extraits obtenus par les solvants chloroforme, éthanol, hexane à partir de l'espèce *Nopalea cochenillifera* ont montré une activité antibactérienne sensible sur certaines souches *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*. L'inhibition constatée varie selon la nature de l'extrait c'est à dire des constituants présents dans chaque solution. Les extraits à partir de cladodes fraîches ont une activité antibactérienne et antifongique significatifs et l'effet n'est pas toujours lié aux polyphénols et tanins, les

principes actifs peuvent être d'origines protéiques ou non polaires selon GOMEZ FLORES *et al.* (2006) Ces résultats confirment les effets des constituants que nous avons mis en évidence sur les bactéries lactiques.

Cette activité inhibitrice a été également observée par ALEJANDRA G. PONC *et al.*, (2008) chez d'autres extraits végétaux d'olivier (*Olea europaea*) et de romarin (*Rosmarinus officinalis*) sur la microflore native et *Listeria monocytogènes* avec des effets jugés très significatifs.

3. Effet du jus de cladode sur l'incubation du yaourt

- Le pH du yaourt prélevé après addition de ferment est de 6,6
- Le pH évolue après addition de ferment à 4,24 (T5) en 5 h en présence de 10 ml de jus et à 4,31 en absence de jus
- Après réajustement du pH du jus à 6,8 on a observé des cinétiques similaires confirmant l'effet des constituants du jus et non l'influence de l'acidité du jus
- l'évolution de l'acidité (figure 5) montre que la fermentation est accélérée selon le volume de jus additionné.

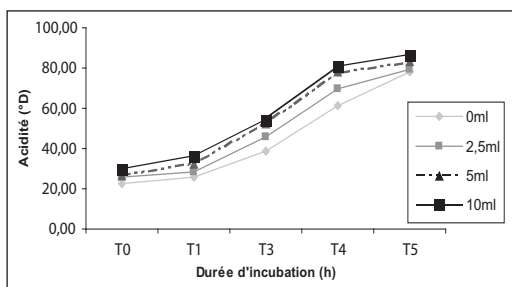


Figure 5 : Evolution de la fermentation du yaourt additionné de jus de cladodes.

La fermentation qui est considérée terminée lorsque l'acidité est de 70° Dornic, soit après une durée de 4 h 30 pour le yaourt témoin ; cette acidité est atteinte en un temps réduit en présence de jus. Ainsi la durée d'incubation passe de 4

h 30 (témoin 0 % de jus) à 3 h 30 avec l'addition de 10 ml de jus. L'évolution de l'acidité est plus performante dans le yaourt en raison de la présence des deux souches lactiques en même temps que seules (effet proto coopération) et aussi par l'effet des constituants du jus sur *Streptococcus thermophilus*. La même tendance de la croissance des bactéries lactiques est observée avec le jus préalablement réajusté à PH 6, 8 avant l'addition au yaourt (figure 6) ; l'effet du volume de jus sur l'acidification est significatif quelque soit le pH. Cette différence peut s'expliquer par l'effet du jus sur la croissance les streptocoques.

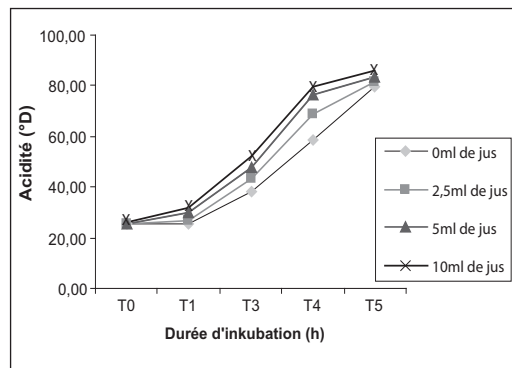


Figure 6 : Evolution de la fermentation du yaourt additionné jus de cladodes à pH ajusté.

Le test sensoriel des différentes préparations, par un groupe de 10 sujets a donné un premier aperçu sur l'acceptabilité du produit car 80% des sujets trouvent bon l'arôme et le goût même avec 10 % de jus de cladodes. Ainsi le goût du yaourt a été peu modifié par le jus. Seule la coloration est légèrement modifiée mais n'a pas constitué un motif de rejet systématique La texture a paru légèrement grumeleuse notamment pour le pot additionné de 10 ml de jus. L'astringence naturelle des cladodes est masquée par les constituants du lait. La couleur a connu une légère modification en raison de la présence des particules de cladodes la couleur verdâtre.

Pour 10 % de jus concentré l'apport nutritionnel en vitamines C (1,2-2,4 mg/100 ml yaourt), minéraux (15 % par rapport à la MS soit 130 - 240 mg/100 ml de yaourt), poly phénols (6-12 mg/100 ml yaourt) auquel s'ajoute une importante fraction de mucilages considéré comme fibre alimentaire solubles et dont le rôle de protection des muqueuses gastriques a été démontré par GALATI (2001).

CONCLUSION

Le jus de cladodes par sa composition en polyphénols, acides organiques, vitamines C, caroténoïdes et sucres auxquels s'ajoutent les minéraux dont magnésium, potassium et le calcium qui est le plus important avec 4,2 à 8% de la matière sèche des cladodes (FELKER, 1995 ; NEFZAOUI et CHERMITI, 1991) et les fibres peut donc constituer un apport qualitatif sur le plan nutritionnel. La chlorophylle présente dans les cladodes (REBIHA, 2006) est également un apport non négligeable, son rôle vis à vis des tumeurs a été rapporté par : CHERNOMOSKY *et al.*, (1995) et SHEPPARD (2003).

L'addition de jus qui accélère la cinétique de fermentation du yaourt, réduit la durée de fabrication et peut donc s'avérer d'un gain économique non négligeable, tout en apportant les métabolites dont les propriétés médicinales et diététiques sont reconnues. Parmi les avantages, l'acidité du yaourt aurait un effet réduit sur les muqueuses gastriques grâce à la protection apportée par les mucilages (GALATI *et al.*, 2001).

Le jus peut être apporté après filtration et avant le début d'incubation ou en cours de brassage lors de la fabrication du yaourt. Son addition peut être envisagée dans les yaourts type "activia" fermenté par le *Bifidus*. Son apport préserve le caractère "bio" originel du yaourt.

Ainsi, l'*Opuntia ficus indica* L. Mill (inermis) peut constituer une matière première à faible

coût et une forme de consommation des jeunes cladodes pour lesquelles les habitudes alimentaires restent un frein. L'exploitation du jus de cladodes comme boisson, au même titre que le fruit peut être envisagé comme suggéré par RODRIGUEZ (1999) d'autant plus que les procédés industriels de fabrication ont été mis au point (MOBHAMMER MARKUS R. *and al.*, 2006).

Les résidus provenant de l'extraction du jus peuvent constituer un fourrage pour les animaux ou utilisés comme engrais organique.

Une utilisation des cladodes par l'élevage, même à faible taux (15-20 %), constitue un gain économique largement à la portée du secteur de l'élevage en Algérie. L'expérience des pays semi arides d'Amérique du Sud et d'autres pays africains peut constituer une incitation à son développement. La consommation et l'introduction graduelle des jeunes cladodes dans les préparations alimentaires est à encourager. Quand à l'utilisation alimentaire des jus, elle reste une alternative d'utilisation de ce potentiel en tant que nutriments pour son apport en constituants : fibres, vitamines, polyphénols, minéraux..., et par ces propriétés médicinales. Ce qui justifie une valorisation par une intégration dans le yaourt ou des boissons, avec pour ce dernier cas, la constitution d'un cocktail jus d'orange - cladodes qui a montré une stabilité de la boisson et son acceptation sur le plan organoleptique (CHOUKAL et OURADJ, 2008). Ainsi, au moment où manger «bio» devient un choix incontournable pour le consommateur, l'*Opuntia* présente des avantages à même d'être valorisés.

Références bibliographiques

- ALEJANDRA G. PONCE, SARA I. ROURA, CARLOS E. DEL VALLE AND MARÍA R. MOREIRA, 2005, Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: *In vitro* and *in vivo* studies, *Journal of Arid Environment* 60, (3), P 405-422.
- AOAC, 1990 In : K. HELRICH, Editor, Official methods of analysis of *AOAC : food composition ; additives ; natural contaminants* Vol. II, AOAC, Arlington.
- CANTWELL M., 1991. Quality and postharvest physiology of napolitos and tunas. Proc. Second annual Texas prickly pear conferences Mc Allen. Texas : 50-66p.
- CARDENAS, A., GOYCOOLEA, F., 1997. Reología en solución del mucílago del nopal (*Opuntia ficus indica*). Memorias VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Monterrey, México, pp. 171-172.
- CHOUKAL H. et OURADJ I., 2008, Mise au point d'une boisson à base de cladodes d'*Opuntia ficus indica* et de concentré d'orange et suivi en cours de stockage. Memoire d'ingénieur, Département biologie - Université Saad Dahlab - Blida (Algérie).
- CORRALES-GARCIA JOEL et SAENZ CARMEN, 2006, Utilización agroindustrial del nopal in Carmen Saenz (p.51 - 69), Bulletin Des Services Agricoles de la FAO N°162.
- DEKOCK G.C., 1965, MANEJO y utilización del nopal sin espina. En : Congreso internacional de pasturas, Anales Sao Paulo, Brazil ; 2 :147p.
- FELKER P., 1995, forage and fodder production and utilization in Agroecology cultivation and uses, FAO plant production and protection paper 132.
- GALATI E. M., MONFORTE M. T., TRIPODO, M. M., A. d'AQUINO and MONDELLO M. R., 2001. Antiulcer activity of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae) : ultrastructural study, *Journal of Ethnopharmacology*, 76, 1 , P 1-9.
- GALATI, E.M., TRIPODO, M.M., TROVATO, A., d'AQUINO, A., MONFORTE, M.T., 2002 b. Biological activity of *Opuntia ficus indica* (L.) MILL. cladodes, note II: effect on experimental hypercholesterolemia, *Pharmaceutical Biology*.
- GALATI, E.M., TRIPODO, M.M., TROVATO, A., d'AQUINO, A., MONFORTE, M.T., 2002 a. Biological effect *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. waste matter. note I : diuretic activity, *Journal of Ethnopharmacology*.
- GOMEZ-FLORES, R, TAMEZ-GUERRA P., TALMEZ-GUERRA R., RODRIGUEZ-PADILLA., LETICIA A. HOUAD-MARROQUIN, CORDOVA-PPUENTE C. and RANGEL A., 2006, *In vitro* Antibacterial and Antifungal Activities of *Nopalea cochenillifera* Pad Extract., *American Journal of Diseases* 2 (1), P 1 - 8.
- JOSLYN M. A., 1970. A serie of monographies. Food. Sci. Techn. 2^{ème} Edition Board.
- KUTI O. JOSEPH, 2004, Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties *Food Chemistry* 85, Issue 4, May 2004, P 527-533.
- LARPEL J.P., LARPEL G.N., 1997, Memento technique de microbiologie technique et documentatin 1039p.
- LEE *et al.*, J.S. LEE, H.J. KIM, H. PARK and Y.S. LEE, 2002, New diarylheptanoids from the stems of *Carpinus cordata*, *J. Nat. Prod.* 65, pp. 1367-1370.

- LICHTENTHALER K.H., 1987, chlorophylls and caroténoids pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology*, 148, 349 - 382.
- MISHARI *et al.*, 1997. (in Anonyme I) Cité par Mezzour M. dans actes de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus, 30 mai 2000-Maroc.
- MULAS M., Medicinal properties and yield possibilities of the prickly pear (*Opuntia* spp.) in the Mediterranean Environment. *Acta Horticulturae* 331 (1993), pp. 79-84.
- MOBHAMMER MARKUS R., FLORIAN C. STINTZING and REINHOLD CARLE 2006, Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear, *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 7, (4), P 275-287.
- NEFZAOU, A., CHAEMITI A., 1991, Place et rôle des arbustes fourragers dans des zones semi-arides de la Tunisie. In option méditerranéenne. Série A. Séminaire n° 16. Edition CEIHAM, p 119-125.
- OPPENHEIMER HR, 1962 : recherche sur la zone Aride échanges hydrique des milieux arides et semi aride. *Compte rendu de la recherche de l'UNESCO*.
- PIMIENTA - BARRIOS, 1994. cité par Mezzour M. dans actes de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus, 30 mai 2000 - Maroc.
- REBIHA K., (2006) L'*Opuntia ficus indica* inerte, composition et possibilité de valorisation des jeunes cladodes Mémoire d'ingénieur en Agronomie. Université Saad Dahlab - Blida (Algérie) Travaux non publiés.
- RODRIGUEZ, D. 1999. Desarrollo de una bebida pasteurizada a base de nopal. pp. 75-76. *In* : Aguirre, J. R., Reyes, J. A. Memoria. VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potosí, México.
- SAÉNZ CARMEN, TAPIA SANDRA, CHÁVEZ JORGE Z and PAZ ROBERT, 2009, Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114, (2), p 616-622.
- SAÉNZ, C., VÁSQUEZ, M., TRUMPER, S., FLUXÁ, C., 1992. Extracción y composición química de mucílago de tuna (*Opuntia ficus indica*). *Actas : II Congreso Internacional de la tuna y cochinitilla*. Santiago, Chile, pp. 93-96.
- SAÉNZ - HERNANDEZ C., 1995 : History, economic and agro-ecological importance .In Barbera, G., Ingles, P., & Pimienta-Barrios, P. (Eds.). *Food manufacture and By products*, p 137-143. FAO plant product and protect Division paper 132.
- SARKAR M. et SARKAR A R. (1994) *Revue / Journal Title Analisis (Analisis)* ISSN 0365-4877 vol. 22, n° 3, pp. 155-15.
- SAWAYA W.N., KHATCHADORIAN H.A., SAFI WN et EL-HAMMAD HM., 1983 ; Chemical characterization of prickly pear pulp of *Opuntia ficus indica* and the manufacturing of the prickly pear jam. *J. Food Technol.* 18 : 183-193p.
- STINTZING FLORIAN C and REINHOLD CARLE, 2005, Cactus stems (*Opuntia* spp.) : A review on their chemistry, technology, and uses - *Review Mol. Nutr. Food Res.* , 49, 175 - 19 (Hohenheim University, Institute of Food Technology, Plant Foodstuff Technology, Stuttgart, Germany).

SUDZUKI, F., MUÑOZ, C., BERGER, H., 1993. El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía, Departamento de Producción Agrícola, Santiago, 88 pp.

SUDZUKI HILLS, 1995, anatomie and morphology in Barbera G *et al.*, J (eds), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, FAO. Plant product and protect Division Paper 132, Rome (Italy), 28-35.

SUTRA L., FEDERIGHI M. er JOUVE J. L., 1998, Manuel de la bactériologie alimentaire, ed. TEC et DOC, Paris, 308 p, 235-259.

TRACHTENBERG S. and MAYER A M.,1982, Mucilage cells, calcium oxalate crystals and soluble salcium in *Opuntia ficus indica*, *Annals of Botany* 50, pp. 549-557.

TRACHTENBERG, S. and MAYER, A.M., 1981. Composition and properties of *Opuntia ficus indica* mucilage. *Phytochemistry* 20, pp. 2665-2668.