

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLAB - Blida
Faculté des sciences Agro- Vétérinaires et Biologiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Science de la Nature et de la Vie

Option : Sciences Alimentaires

Spécialité : Sciences Alimentaires

Thème

Effet de jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* sur la croissance des bactéries lactiques au cours de fermentation d'un yaourt

Présenté par :

M^{me} : HACHAD Siham

M^{elle} : AHMED YAHIA fouzia

Soutenu le :

03 / 11 / 2011

Devant le jury composé de :

Mr	RAMDANE. S	MAA	USDBlida	Président.
Mr	HADJ SADOK. T	MCB	USDBlida	Promoteur.
Mme	DOUMANDJI .A	MCA	USDBlida	Examinatrice.
Mr	AMALOU. DJ	MAA	USDBlida	Examineur.

Promotion 2010 / 2011

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir illuminé et ouvert les portes du savoir en donnant la volonté, le courage et la patience.

Du terme de ce travail, nous tenons à adresser nos vifs remerciements à tout ceux et celles qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Nous témoignons notre reconnaissance et gratitude à :

- ◆ Notre promoteur M^r HADJ SADOK .T maître de conférence à l'université de Blida, pour l'aide l'orientation et le suivi, qui nous a apporté tout au long de notre travail.*
- ◆ M^r RAMDANE .S maître assistant à l'université de Blida, d'avoir fait l'honneur de presider le jury examinant notre travail, toute en lui adressant nos respectueuses considérations.*
- ◆ M^{me} DOUMANDJI .J maître de conférence à l'université de Blida et M^r AMZELI .DJ maître assistant à l'université de Blida, qui nous avons fait l'honneur de participer au jury et examiner ce travail.*

Ainsi que l'ensemble de l'équipe pédagogique et les enseignants qui durant ces cinq ans contribuèrent à notre formation.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux et celles qui nous ont aidé au niveau de laboratoire d'amélioration des plantes, département d'agronomie université de Blida, et sans oublier les responsables des laboratoires au niveau de la laiterie de Tréfle.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes plus chères personnes dans ma vie mon père et ma mère qui m'ont donné le courage dans mes études et m'ont aidé dans toute ma vie, surtout ma mère qui ma donné le soutien. Les mots sont faibles pour exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je vous porte.

- * A mon chère frère : Amine qui n'a jamais ménagé leur effort pour m'apporter un soutien tant moral que matériel .*
- * A Khadidja ma petite sœur, avec tout mon amour et pour toutes les chances que tu ma confiées .Elle ma permis d'apprécier les opportunités qui m'étaient offertes et de surmonter les moments moins faciles de ma vie.*
- * A mon mari Forid, qui ma donné le soutien et l'encouragement avec tout mon amour.*
- * A mon chère sœur Fouzia.*
- * A mes grands mères et grands pères.*
- * A tout mes cousins et cousines et toute ma famille sans exception.*
- * A mes amies : Hakima , Hiba , Hizia et Sadjia.*
- * A mes amis et collègues de la promotion 2011.*

Siham

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes plus chères personnes dans ma vie mon père et ma mère qui m'ont donné le courage dans mes études et m'ont aidé dans toute ma vie. Les mots sont faibles pour exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je vous porte.

- * A mon chère frère : Rabeï qui n'a jamais ménagé leur effort pour m'apporter un soutien tant moral que matériel.*
- * A mes sœurs : Hayet, Assia et Aya avec tout mon amour et pour toutes les chances que vous m'avez confiées .Elles m'ont permis d'apprécier les opportunités qui m'étaient offertes et de surmonter les moments moins faciles de la vie.*
- * A mon fiancé Djaïel qui m'a donné le soutien et l'encouragement.*
- * A mon chère binôme Sihant.*
- * A mes grand-mères et grands pères.*
- * A tout mes cousins et cousines et toute ma famille sans exception.*
- * A mes amies : Nabila, Hanane.*
- * A mes amis et collègues de la promotion 2011.*

Fouzïa

GLOSSAIRE

- ❖ **Angiosperme** : Plantes à graines dont l'ovule, fécondé par l'intermédiaire d'un tube pollinique, se transforme en un fruit clos.
- ❖ **Biotype** : Ensemble des caractères biochimiques permettant de définir les différents groupes au sein des bactéries d'une même espèce.
- ❖ **Cactus** : Est un membre de la famille botanique des cactacées tous les cactus sont plus au moins succulentes mais toutes les succulentes ne sont pas des cactus.
- ❖ **Succulentes** : Ce sont des plantes qui emmagasinent de l'eau dans les tissus spongieux très développés.
- ❖ **Pasteurisation** : Traitement de stabilisation temporaire par l'emploi de chaleur vise la disparition de la flore pathogène mais pas sa disparition totale.

LISTE DES ABREVIATIONS

- ❖ **FAO** : Food and Agriculture Organization.
- ❖ **HCDS** : Haut Commissariat au Développement de la steppe.
- ❖ **H₂O₂** : L'eau oxygénée.
- ❖ **Ind** : Indénombrable.
- ❖ **INRA** : Institut national de la recherche agronomique.
- ❖ **J** : Jours.
- ❖ **Lb** : Lactobacillus.
- ❖ **MG** : matière grasse.
- ❖ **MRS** : Milieu de Man Rogosa et Sharp.
- ❖ **M17** : Milieu de Terzaghi.
- ❖ **MS** : matière sèche.
- ❖ **O₂** : oxygène.
- ❖ **pH** : Potentiel d'Hydrogène.
- ❖ **Sc** : Streptococcus.
- ❖ **TSE** : Trypton Sel Eau.
- ❖ **UFC** : unité formant colonie.
- ❖ **USTHB** : Université des sciences et Technologie Houari Boumediene.

LISTE DES TABLEAUX

Patrie Bibliographique :

- ❖ **Tableau 01** : Composition de la pulpe de fruits d'*Opuntia ficus indica*..... 11
- ❖ **Tableau 02** : Composition minérale de la pulpe des fruits..... 12
- ❖ **Tableau 03** : Quelques caractéristiques des bactéries lactiques..... 16

Partie Expérimentale :

- ❖ **Tableau 04** : Le nombre de fruits récoltés selon le poids..... 27
- ❖ **Tableau 05** : Les différentes analyses physico-chimiques effectuées..... 36
- ❖ **Tableau 06** : Caractéristiques physico-chimiques de jus de fruits..... 40
- ❖ **Tableau 07** : Caractéristiques physico-chimiques de la matière blanche..... 42
- ❖ **Tableau 08** : Evolution de l'acidité d'un yaourt additionné de jus de fruits..... 43
- ❖ **Tableau 09** : Evolution du pH d'un yaourt additionné de jus de fruits..... 45

Annexes :

- ❖ **Tableau 10** : Composition moyenne et valeur nutritionnelle des différents types de yaourt
- ❖ **Tableau 11** : Résultats statistiques de l'évolution de pH
- ❖ **Tableau 12** : Résultats statistiques de l'évolution d'acidité
- ❖ **Tableau 13** : L'évolution de la cinétique de croissance de *S. thermophilus*
- ❖ **Tableau 14** : L'évolution de la cinétique de croissance de *L. bulgaricus*

LISTE DES FIGURES

Partie Bibliographique :

❖ Figure 01 : Distribution d'opuntia ssp dans le monde.....	3
❖ Figure 02 : Schéma de systématique d' <i>Opuntia ficus indica</i>	4
❖ Figure 03 : Morphologie de l' <i>Opuntia ficus indica</i>	5
❖ Figure 04 : Les différents types de fruits.....	6
❖ Figure 05 : <i>Streptococcus thermophilus</i>	17
❖ Figure 06 : <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	17
❖ Figure 07 : Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt.....	22

Partie Expérimentale :

❖ Figure 08 : Schéma d'extraction de jus de fruits d' <i>Opuntia ficus indica</i>	26
❖ Figure 09 : Fruits d' <i>Opuntia ficus indica</i> inermis.....	27
❖ Figure 10 : Jus frais des fruits.....	28
❖ Figure 11 : Schéma de protocole expérimental.....	30
❖ Figure 12 : Préparation des suspensions mères de mélange « matière blanche-jus »	33
❖ Figure 13 : Préparation des dilutions décimales.....	33
❖ Figure 14 : Evolution de l'acidité (pH) en cours d'incubation.	45

RESUME

Les fruits de figuier de barbarie ont une valeur nutritionnelle intéressante en raison de leur richesse en fibres, sucre, vitamine C et sels minéraux.

L'enrichissement du yaourt avec le jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* qui permet d'obtenir un produit de bon goût et belle couleur à permet aussi d'observer une accélération de la cinétique de croissance des bactéries lactiques durant les premières heures de la fermentation. Cet effet est plus marqué sur « *Lactobacillus bulgaricus* » comparé au « *Streptococcus thermophilus* ».

L'addition du jus de fruits au yaourt à permet d'améliorer leur valeur nutritionnelle et d'accélérer la fermentation, en réduisant de le temps de fermentation par rapport au yaourt témoin, cette évolution s'explique par la présence des sucres métabolisables dans le milieu (principalement le glucose) et autres métabolites secondaires ainsi que le taux d'acidité favorable de jus additionné.

Mot-clés

Opuntia ficus indica, jus de fruits, yaourt, bactéries lactiques, fermentation.

SUMMARY

The fruits of prickly pear are nutritionally interesting because of their high fiber, sugar, vitamin C and minerals.

Fortification of yoghurt with the juice of *Opuntia ficus indica*, which produces a product of good taste and beautiful color, can also observe an acceleration of the growth kinetics of lactic acid bacteria during the first hours of fermentation. This effect is more pronounced on "*Lactobacillus bulgaricus*" compared to "*Streptococcus thermophilus*".

The addition of fruit juice to yogurt can improve their nutritional value and accelerate fermentation by reducing the fermentation time compared to the control yogurt, this is explained by the presence of metabolizable sugars in the environment (mainly glucose) and other secondary metabolites as well as the acidity favorable juice added.

Keywords

Opuntia ficus indica, fruit juice, yogurt, lactic bacteria, fermentation.

ملخص

ثمار التين الشوكي مهمة من الناحية الغذائية، فهي غنية بالألياف، والسكر، والفيتامين C و المعادن.

تحسين القيمة الغذائية للياغورت بإضافة العصير المستخرج من ثمرة *Opuntia ficus indica* الذي يسمح بإعطاء منتج ذو لون و ذوق مميز و الذي يسمح ايضا بتسريع حركية نموالبكتيريا اللبنية خلال المراحل الأولى من التخمر. و ذلك أكثر وضوحا على

« *Lactobacillus bulgaricus* » مقارنة ب« *Streptococcus thermophilus* ».

إضافة عصير فاكهة التين الشوكي إلى اليغورت من أجل تحسين قيمته الغذائية والصحية كان لها تأثير في تسريع التخمر، والسماح بتقليص مدة التخمر مقارنة مع اليغورت الشاهد، وهذا نظرا لدرجة حموضة العصير ووجود كريات القالب في العصير ووجود مادة لائفة (خاصة الغلوكوز). (وزن)

الكلمات المفتاحية

Opuntia ficus indica ، عصير الفاكهة ، الياغورت ، البكتيريا اللبنية، التخمر.

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	---

Partie bibliographique

chapitre I : l'Opuntia

I-1- Présentation et origine.....	2
I-2- Répartition géographique.....	2
I-3- Biologie de l'Opuntia.....	3
I-4- Importance économique et écologique des Opuntias.....	7
I-5- Les travaux réalisés sur l'Opuntia.....	8
I-6- Le fruits d'Opuntia ficus indica.....	11

chapitre II : Les bactéries lactiques

II-1- Définition	15
II-2- Sources d'isolement.....	15
II-3- Les bactéries spécifiques du yaourt.....	16
II-4- Rôle et intérêt des bactéries lactiques dans les produits laitiers.....	17

Chapitre III : Le yaourt

III-1- Définition.....	20
III-2- Les types de yaourt.....	20
III-3- Etape de fabrication.....	22
III-4- La fermentation du yaourt.....	23
III-5- Les bienfaits de la transformation du lait en yaourt.....	23

Matériels et méthodes

I- Matériels.....	25
II-1- Méthodes.....	25
II-1- Préparation de jus de fruits d'Opuntia ficus indica.....	25
II-2- Préparation de la matière blanche.....	28
II-3- L'ajout du jus de fruits d'Opuntia.....	29
II-4- Homogénéisation et incubation.....	29
II-5- Méthodes d'analyses.....	31
II-5-1-Analyses statistiques.....	31
II-5-2-Analyse microbiologique.....	32
II-5-3-Analyses physico-chimiques.....	36

Résultats et discussion

I-Résultat et discussion des analyses physico-chimiques.....	40
I-1- Jus de fruits d' <i>Opuntia ficus indica</i>	40
I-2- Matière blanche.....	42
I-3- Evolution de l'acidité et du pH dans le yaourt au cours de fermentation.....	43
I-3-1- Evolution de l'acidité.....	43
I-3-2- Evolution du pH	45
II- Effet de jus de fruits sur la flore lactique du yaourt.....	47
II-1- Analyses microbiologique préliminaire.....	47
II-2- Evolution de la cinétique de croissance des bactéries lactiques	48
II-2-a- <i>Streptococcus thermophilus</i>	48
II-2-b- <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	48
Discussion générale	51
Conclusion	52

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

Le figuier de barbarie, appelé aussi « Fiquier d'Inde » appartient à la famille de Cactaceae, originaire d'Amérique centrale et du Mexique, c'est une plante succulente, présentant des adaptations physiologiques permettant à la plante de résister à la sécheresse (MULAS, 2004), Cette plante caractérisée par des tiges en forme de raquettes épaisses, surmontées au printemps de belles fleurs jaune vif auxquelles succèdent des fruits ovoïdes vert jaunâtre, par fois teintés de rouge (CORREAL, 1998).

Dans certains pays d'Amérique du sud, Les cladodes sont utilisées directement dans l'alimentation tel un légume grâce à sa richesse en nutriments, fibres, vitamine C, polyphénols, sucres simples et complexes et minéraux (Ca, Mg, K, ...etc.) en font un produit proche et comparables aux légumes (M. ALMOUDI, 2000). Cette plante à également des propriétés médicinales intéressantes on peut citer : l'effet hypoglycémique (pour le traitement des diabètes non dépendant de l'insuline), anti-diarrhéique, anti-inflammatoire...etc (SALAZAR, 2006).

Les fruits qui sont appréciés par une large population en raison de leur goût sucré et acidulé, Ils sont également utilisés dans certaines pays pour la fabrication des produits alimentaires tels que les jus, les boissons alcoolisées, confitureetc (MATSUHIRO et al, 2005).

Une large variété de laits fermentés, additionné de divers ingrédients dont les fruits, céréales, jus qui ont permis de rehausser le goût ainsi que la qualité de produit (PELOLD et al., 2005). Ces laits fermentés en particulier le yaourt additionné des ingrédients à base de fruits en gagnent l'intérêt du consommateur en raison de leur caractéristiques agréables (MAHAUT, 2000).

Dans la perspective d'amélioration de la qualité nutritionnelle du yaourt par additifs naturels. Et dans le but d'exploitation des éléments fonctionnels d'*Opuntia ficus indica* dans la fabrication d'un produit lacté, nous avons opté d'étudier l'effet de jus de fruits sur la flore lactique d'un yaourt brassé en cours de fermentation et suivi l'évolution de l'acidité et du pH.

Chapitre I : L'Opuntia

1- Présentation et origine :

-L'*Opuntia ficus indica* appelé communément figuier de barbarie ou cactus, est une plante succulente originaire des régions arides et semi arides d'Amérique tropicale (sud des Etats Unis et Mexique) .elle est connue sous le nom de Nopal dans la vallée de Tuhua (puebla-Mexique) (CORREAL, 1998).Au Maroc le figuier de barbarie est appelé « Handia », «Zaaboul »ou« Taknarit » (MAATAOUI, et al., 2002).

-A la fin de 15^{ème} siècle, elle est ramenée par Christophe Colomb après sa première expédition en 1493.En peu de temps elle se propage dans toute l'Espagne (LEHOUEIROU, 1996).

-Elle fut ensuite propagée dans le nord et au sud de l'Afrique puis dans tout le bassin méditerranéen vers le 16^{ème} siècle (KADIK ,1974).

-L'Opuntia est actuellement présent dans les différents continents et régions grâce à son adaptation et sa résistance aux rigueurs des climats arides, et peut donc être rencontré pratiquement dans toutes les conditions climatiques (FLORIAN, et al., 2005).

2- Répartition géographique :

-Sur le continent d'Amérique, c'est surtout au Mexique qu'il est le plus abandon avec plus de 3 millions d'hectares.

-Au Etats-Unis ou la forme inerme est plus répandue, la culture est surtout présente dans les états du sud.

-En Europe, la culture a connue un développement, notamment dans le sud de l'Espagne, du Portugal, de l'Italie (Sicile, Calabre et Sardaigne) (CORREAL, 1998).

-En Australie, le cactus inerme à prospéré avec une grande vigueur en raison de la grande similitude des conditions avec le pays d'origine (BARBERA ,1995).

-En Asie, son introduction a commencé entre le 17^{ème} et 18^{ème} siècle, et il est actuellement présent en Chine, en Inde, au Phillipine et d'autres pays (BARBERA, 1995).

- En Afrique, il est notamment présent dans le sud par exemple Madagascar.

-En Algérie, la culture du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantations plus ou moins régulière autour des villages, en haies limitant les parcelles de culture ou de vergers, la culture de cactus se trouve parfaitement intégrée dans système d'exploitation traditionnel (ARABA, et al, 2002).



Figure 01 : Distribution d'Opuntia Sp² dans le monde (Saenz ,2006).

3- Biologie de l'opuntia :

3-1- Systématique :

Les opuntias sont des Angiospermes de l'ordre d'Opuntiales ou Cactales de famille Cactaceae regroupant 1600 espèces dont 180 de genre d'opuntia (KAANAN, 2000).

Il existe deux variétés : épineuse et inerme.

-La première (épineuse), désignée par les indigènes sous le nom de *Figuier du charneux*, aussi cette espèce de cactus est-elle parfaitement propre à former des haies. Les Arabes l'emploient habituellement à cet usage, et leurs jardins, qui en sont entourés, passent pour être impénétrables. Cette variété d'Opuntia pourra donc continuer à être ainsi utilisée comme clôture destinée à garantir les propriétés des invasions du dehors (KENNY, 1997).

-La seconde variété (inerme), et celle sur laquelle nous comptons nous étendre le plus, est appelée par les Arabes *Figuier du chrétien*. Les piquets qui garnissent les feuilles sont moins développés que dans la variété précédente et n'empêchent pas les animaux de s'en nourrir avec avidité, La végétation de cette espèce étant plus vive que celle de la première. (KENNY, 1997).

L'*Opuntia ficus-indica* est parmi les cactées, celle qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes (Scheinvar, 1995).

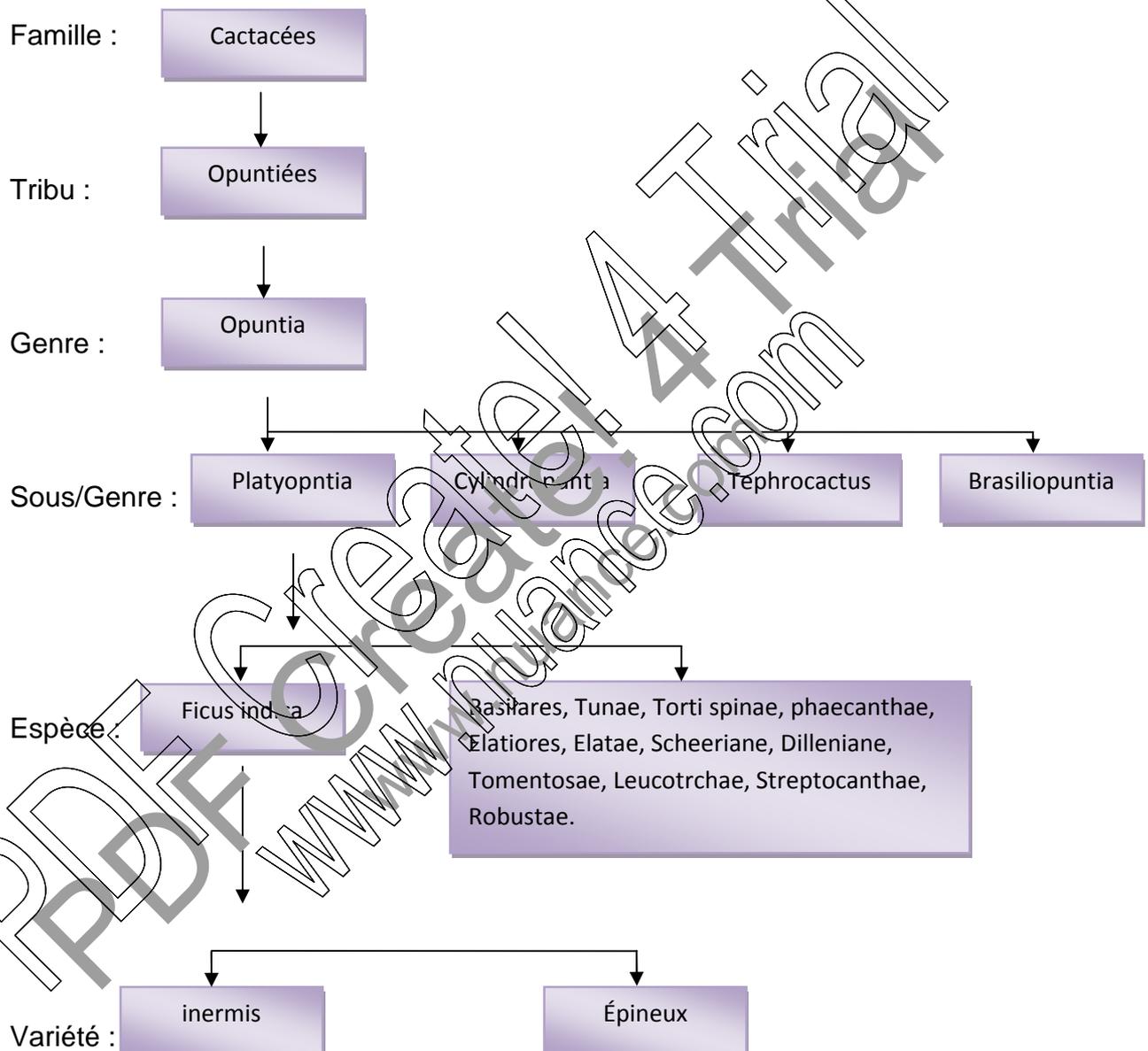


Figure 02 : Schéma de systématique de l'*Opuntia ficus indica* (MAHMOUDI, 2000).

3-2- Morphologie et structure :

C'est une plante xérophyte, succulente, charnue pouvant atteindre 5m de hauteur ou même plus, caractérisée par un épais épiderme, un revêtement cireux, une absence des feuilles et une tige riche en tissus aquifère permettant d'emmagasinier l'eau de pluie absorbée et de la préserver pendant les périodes de déficit hydrique et de la chaleur .(HADJ SADOK,2010 ;H.C.D.S ,1994).

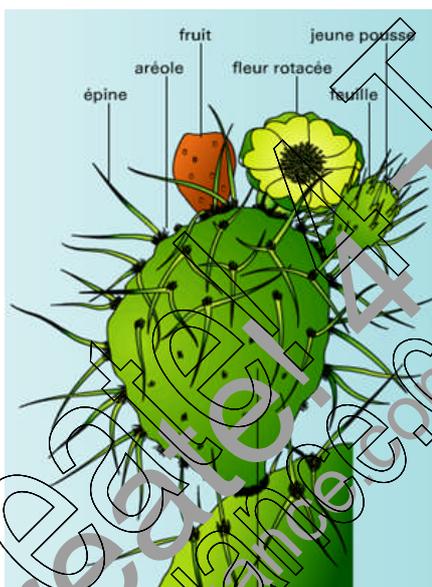


Figure 03 : Morphologie de "*Opuntia ficus indica* (ENCYCLOPEDIE, 2010)

La plante est un arbuste formé de :

- Racines : qui sont généralement superficielles et facilitent ainsi l'absorption des eaux météoriques de faible consistance, mais en même temps, elles sont robustes et capables de coloniser de façon efficace les milieux difficiles. La capacité de colonisation des milieux de faible fertilité pédologique est améliorée par la possibilité d'accueillir dans les racines des micro-organismes fixateurs d'azote symbiontes (MULAS .M, MULAS G, 2004).

- Cladodes :(ou raquette, pale...etc.) Sont des éléments de tige, le cladode bien défini ayant la forme caractéristique de l'espèce ; il est pourvue d'aréoles, organe important dans la formation des épines, des fleurs et des rameaux la phase de croissance ne dure que quelque semaines au printemps et en automne dans nos

régions, suivi d'une phase de développement d'épaississement et de consolidation. (H.D.C.S, 1994).

-fleur : hermaphrodite, généralement grande et belle, comprend un style unique et stigmaté digité entouré de nombreux verticilles d'étamines et d'un nombre défini des tépales. la couleur des tépales est souvent jaune, orange ou rougeâtre (H.D.C.S, 1994).

-Les fruits : présents à la périphérie des cladodes terminales sont pulpeux et de couleur orange jaune, sont entourés d'une enveloppe souvent récusive en raison de la présence de glochides, est une baie de forme variable (ovoïde à sphérique) .la couleur de la baie et de la pulpe dépend de la variété ou écotype et notamment du stade de maturité. Cette couleur évolue de jaune orange en début de maturité à rouge foncé ou pourpre en fin de maturité .la taille et le poids des fruits est également variable est dépend des conditions du milieu, de la variété et de l'écotype. Les poids des fruits sont compris entre 40 et 90 g mais atteignent 260g (REBOUR, 1968 et ADLI, 2006).

Il est distingué jusqu'à trois types de fruits selon l'importance de jus, de la pulpe et des grains.



Figure 04 : Les différents types de fruits (Sáenz, 2006)

-les graines, présentes dans le fruit sont nombreux .Elles sont libres ou adhérentes à la pulpe peuvent représenter jusqu'à 15% du poids du fruit (LOPEZ et BURGOS, 1973).C'est la présence des graines et des glochides sur la peau qui réduit leur acceptabilité par les consommateurs occidentaux non habitués (HADJ SADOK, 2010).

4- Importance économique et écologique des Opuntias :

L'importance du figuier de barbarie est liée aux nombreuses utilisations économiques de l'espèce tant comme culture extensive qu'à l'état spontané. La plante a des exigences culturales réduites ; en effet, elle n'exige que des travaux peu profonds et une taille peu importante, elle n'a pas besoin de apport importants en eau ni de traitement antiparasitaires et par conséquent elle présente de faibles couts énergétiques pour la culture en importations spécialisées (BARBERA, 1995).

Selon HADJ SADOK, Nos voisins de l'Est et de l'Ouest n'ont pas de pétrole et essayent d'exploiter toutes autres richesses naturelles pouvant donner un plus à leur économie. Au Maroc à titre d'exemple les revenus des agricultures qui exploitent la plante du cactus sont de 3000 dollars hectares annuellement. Dans le même pays et dans certaines zones, la céréaliculture a été carrément délaissée au profit du figuier de barbarie. Les échanges d'expériences entre ces deux pays dans ce domaine sont importants. Chez nous, on reste encore indifférent, alors que c'est tout le monde qui est conscient du « enjeux du cactus ».

Le développement du marché des fruits bio et exotiques en Europe et aux états unis d'Amérique ne cesse d'ouvrir des perspectives commerciales pour cette plante. Chez nous, la production du fruit ne constitue pas encore une activité économique qui présente un intérêt majeur. En dehors de son fruit, c'est toute la plante qui est intéressante. Il ne faut oublier toutefois de rendre hommage au travail que fait le Haut-commissariat pour le développement de la steppe. Cette dernière a planté, durant la fin des années 1970, le cactus pour stopper la désertification. Il y a quelques années, la wilaya de Tébessa a connu la plantation de 10 000 hectares de cactus. On peut dire que cette expérience a bel et bien réussi puisque les agriculteurs de cette région frontalière avec la Tunisie, maîtrisent cette culture, grâce notamment au savoir-faire apporté par les Tunisiens.

Par contre, d'autres expériences similaires n'ont pas réussi. En 2005, le Haut-commissariat au développement de la steppe a avancé un taux de destruction de 44% des nouvelles plantations par les gelées. Le rôle des chercheurs dans ce cas est plus que primordial afin de mettre en place des variétés résistantes et qui répondent aux spécificités de chaque région. Tout cela dépendra de la volonté politique (ANONYME, 2010).

5- Les travaux réalisés sur l'Opuntia :

De nombreux travaux et recherches ont été réalisés ces dernières années dans le monde et également en Algérie :

5-1- Dans le monde :

Plusieurs pays s'intéressent aujourd'hui aux cactus et plus précisément au figuier de barbarie, comme le montre la mise en place d'un réseau d'information sur le cactus facilement accessible par internet. Parmi les objectifs de ces pays, on cite le développement de nouvelles espèces de figuier de barbarie, la coopération dans le domaine des études, et le développement des espèces présentant les meilleures performances sur le plan résistances, valeur alimentaire et technologique (Internet 01).

L'Opuntia est considéré actuellement, comme un outil efficace pour la mise en valeur pastorale et semi-aride (CHERFAOUI, 1987).

Les plantations sylvo-pastorales réalisées dans le cadre des programmes de développement dans différents pays durant les dernières décennies intègrent de plus en plus l'Opuntia (LEHOUEROU, 1996).

Le développement des marchés de fruits exotiques en Europe et aux USA incite aussi à en faire une culture intensive et industrielle (Internet 02).

Yousfi (2000) se réfère aux conclusions du congrès sur l'Opuntia qui s'est tenu en Tunisie en 2000, rapporte les recommandations aux pays d'Afrique du nord, soit :

- La valorisation et la sélection des ressources phylogénétiques.
- L'amélioration de la culture des Opuntias et la commercialisation.

5-2- En Algérie :

Durant les dernières décennies, plusieurs études ont été réalisées sur les écosystèmes steppiques et sahariens en vue de la fixation et la régénération du couvert végétal. Ainsi sur la caractérisation et la valorisation de cette espèce.

5-2-1- Bilan et expérience du HCDS (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) :

Les actions engagées même si elles sont encourageantes avec l'implantation d'Opuntia à partir de 1993, elles restent insuffisantes pour avoir un impact économique sensible dans le pays. En effet dans la région Est, la surface d'Opuntia implanté ont atteint 27051ha en 1993 à 1997, a atteint 9100 ha. Ces surfaces étaient surtout concentré dans les wilayas M'Sila (10000 ha), Médéa (7100ha) et Tebessa (4500 ha). Durant l'année 2005 une superficie importante a été endommagée par les gelées. Le taux de réussite des plantations qui a atteint 70 à 90% selon les périmètres a vu l'adhésion de plus de 3.10 agriculteurs.

Les plantations réalisées pour la restauration des sols et la fixation des dunes ont donnés des résultats jugés encourageants.

La stratégie du HCDS vise l'extension de l'Opuntia à toutes les régions pastorales en accompagnant le programme par la sensibilisation des populations à l'utilisation de l'Opuntia pour la protection et la réhabilitation des parcours et comme apport fourrage (BROUARI, 1997).

5-2-2- Les études réalisées au laboratoire d'écologie de l'université de Bab-Ezzouar :

Plusieurs mémoires d'ingénieur et de magister ont porté sur les plantations des arbres forestiers, et leur rôle dans le développement de steppe.

OMARI (1995) ; a fait une étude sur l'impact de techniques de fixation biologique et de la restauration des sols au niveau de la wilaya de Djelfa utilisant plusieurs espèces parmi elle figurait *Opuntia ficus indica*. Les résultats de ses études ont montré que la plantation de ces espèces a parmi :

- Une augmentation de la litière.
- Une augmentation de la matière organique.
- Une augmentation du couvert végétal.
- Une augmentation de la richesse floristique.

5-2- 3-Les études réalisées au département des sciences agronomiques de l'université de Blida :

AL AHOUEL et *al.*, 2004 On fait une étude sur la caractérisation d'*Opuntia ficus indica* en vue d'une utilisation et valorisation alimentaire les résultats montrent des similitudes du point de vue composition avec divers légumes tels que l'épinard, laitue et tomate (REBIHA, 2006) .

5-2-4- Autres travaux :

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'Opuntia parmi eux les travaux de Kadik, Khouri, Yousfi, Mahmoudi et d'autres réalisés par les universitaires dans le cadre de recherche et projet de fin d'études au Magister. Leurs travaux restent en général dispersés alors que les autres pays cultivant l'Opuntia ont constitués de véritables réseaux d'information. Parmi ce réseau (ACTUSNET en collaboration avec FAO et ICARDA (HADJ SAFOKI, 2010).

6) Le fruit d'*Opuntia ficus indica* :

6-1- Composition chimique des fruits :

Tableau 01 : Composition de la pulpe de fruit de l'*Opuntia ficus indica*

Nature de constituants	Teneur en gramme(g) pour 100g de pulpes
Eau	83,8 – 91
Hydrates de carbone	8,1 – 14
Fibre brute	0,02 – 1,6
Protéine	0,2 – 1,6
Lipides	0,03 – 0,7
Cendre	0,1 – 0,51
Vitamine C en (mg)	20 – 41
β carotène (vit A) en (mg)	11,3 – 53,5

Source : HADJ SADOK, 2010

La pulpe partie comestible du fruit qui est sucrée et riche en vitamine C, contient de nombreuses graines dures qui réduisent son acceptabilité. La pulpe représente 52-70% du poids du fruit. Ses composants majeurs sont l'eau et les hydrates de carbone avec respectivement des teneurs de 85% et 15%, il contient également une teneur appréciable en minéraux ou de potassium, le calcium et le magnésium sont les plus représentés (SAWAYA et al, 1983 ; SAEANZ, 2006).

La vitamine A constitue un apport appréciable. Le pH du fruit qui est compris entre 5,3 et 7,1 correspond à une faible acidité avec 0,05-0,18% d'acidité exprimé en équivalent acide citrique. Cette faible acidité réduit la durée de stockage.

Les jus extraits des fruits à différents stades de maturité ; ont montré une teneur en eau de 85% en moyenne et des teneurs en sucre de 9 à 12%. Les sucres majoritaires étant le glucose, le fructose et dans une moindre mesure le saccharose. Le taux de vitamine C varie de 34 à 38mg par 100g de jus. La teneur en lipide reste très faible (inferieur à 1%). Cette composition confirme ainsi une bonne valeur alimentaire de ce jus rapporté à l'extrait sec soluble (HADJ SADOK, 2010).

Tableau 02 : Composition minérale de la pulpe des fruits.

Éléments minéraux	Teneur en mg par 100g *	Teneur en mg par 100g**	Teneur en mg par 100g ***
Calcium	28	90	12.8
Magnésium	28	28.2	16.1
Potassium	161	208.4	217.0
Sodium	0.8	1.1	0.4
Phosphore	15.6	-	32.8
Fer	1.3	1.1	0.4

Source * selon SAWYA **Selon REGAL (1995) *** selon SEPULVEDA et SEANZ (1995) Cite par (HADJ SADOK, 2010).

Les fruits étudiés en Ethiopie par Tegegne (2002) montre des rapports équivalents à ceux de Regal (1995) respectivement pour Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^{+2} , P ; 0,45 ; 0,14 ; 0,40 ; 0,07 et 0,37g pour 100g de matière sèche (MAATAOUI et al., 2002) .

L'extraction des fruits pelés des *Opuntia ficus indica* offerte 3,8% de rendement d'un mucilage, qui contient 23,4% d'acide galacturonique. Cette résultat indique que le mucilage de fruits d'*Opuntia ficus indica* est un mélange complexe de polysaccharide, moins de 50% correspondant à un polysaccharide pectine,...etc. (MATSUHIRO.B et al., 2005).

Les fruits de figuier de barbarie contient des colorants alimentaires naturels ; en effet deux pigments ont été identifié : un pigment jaune l'indicaxanthine et un autre rouge-violet la bétanine. Le jus obtenu à partir de fruits contient 0,22 à 25% d'indicaxanthine et bétanine 0,027% (fruit jaune orangé) à 0,3% (fruit violacé) (INTERNET 01).

Dactylopius coccus est un insecte originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique du sud et du Mexique. C'est un parasite des *Opuntia* dont il consomme la sève. Il produit de l'acide carminique qui repousse les autres insectes. L'écrasement des insectes ou des œufs permet de récupérer cet acide carminique et de fabriquer un colorant naturel d'un rouge intense le carmin de couleur cramoise. Il est utilisé comme colorant alimentaire E-120 (autorisé dans certaines préparation : charcuterie, boisson, confiserie...) (FERNANDEZ et ALMELA, 2001).

6-2- Conservation de fruit :

Les techniques traditionnelles de conservation des fruits, consiste à laisser le fruit sur la plante, il peut rester en bon état pendant plusieurs mois (KADIK, 1974).

Les fruits coupés avec une partie de cladode se conservent plus longtemps que le fruit seul (BARBERA, 1995). Les fruits récoltés sont en général conservés à une température de 5 à 8°C et 90-95% d'humidité pendant 3 à 4 semaines. Bien qu'une température proche de 0°C, permette une plus longue conservation.

Un blanchiment préalable au traitement par les bisulfites et acides citrique, réduit la charge microbienne notamment sous atmosphère modifiée. La congélation des fruits est parfois utilisée dans le but d'une utilisation ultérieure (préparation de confiture, sirop....) (HADJ SADOK, 2010).

6-3- Propriétés médicinales :

Le figuier de barbarie constitue pour certaines populations non seulement une source de fruit comestible, mais aussi une plante à usage médicinale. Les parties utilisées pour les besoins médicaux sont : les fleurs, les fruits et le suc de cladodes (ALDO, 1982).

Les fruits sont connus partout au Maroc pour l'effet sur les coliques et les diarrhées. Mais ils provoquent une constipation opiniâtre chez les personnes qui consomment beaucoup (BARBERA, 1995). La consommation de fruit permet de réduire le cholestérol total dans le sang (GALATI et al, 2002).

L'effet antihyperlipidique est lié à la présence de la pectine. Le suc extrait par pression est conseillé pour le traitement du foie, efficace contre certaines maladies dont celles des reins et les rhumatismes (MICHEL, 1998), utilisé aussi pour la prévention du scorbut. Le fruit est utilisé pour soigner les blessures (FLEURENTIN, 1990).

Les polyphénols sont des antioxydants ayant des propriétés cardioprotectives, anticancéreuses, antivirales et anti-allergiques bien connus (TAPIERO et al, 2002). Les études les plus récentes suggèrent que l'extrait de cladodes empêche la prolifération et la croissance de tumeurs ovariennes et cervicales de souris in vivo (ZOU et al, 2005).

Chapitre II : Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont principalement utilisées en technologie laitière (fabrication de lait fermenté, yaourt, fromage et beurre...). Elles sont généralement employées en cultures mixtes, favorisent ainsi une symbiose entre différentes espèces et souches de streptocoques et de lactobacilles.

Différents objectifs sont visés dans la mise en place d'une symbiose, ils peuvent être d'ordres :

- ✓ Technologique (optimisation du pouvoir d'acidification, augmentation de la viscosité...).
- ✓ Organoleptique (production d'arômes...).
- ✓ Résistance aux bactériophages.
- ✓ Optimisation de la biomasse. (DOMAINDJI, 1997).

1- Définition :

ORLA-JENSEN définit les bactéries lactiques la première fois au début de siècle (1919) comme étant plusieurs genres car attirés par leur capacité à fermenter les glucides en produisant de l'acide lactique. (DOMAINDJI) 1997).

Les bactéries lactiques sont des cocci ou des bâtonnets, elles sont en générale aérotolérantes. Cependant certaines espèces habitant par exemple le tube digestif des animaux sont anaérobies strictes, même en présence d'O₂, elles sont incapables de réaliser de la phosphorylation oxydative. Elles sont gram positif, généralement immobile et sporulées. Elles ne possèdent ni catalase, ni nitrate réductase, ni cytochrome oxydase. En plus de cela ne liquéfient pas la gélatine, ne produisent pas d'indole ni l'hydrogène sulfureux. (Internet 03).

Selon le type de fermentation préférentiellement utilisé, les bactéries sont dites :

- Homo fermentaires : l'acide lactique est le seul produit de la fermentation du glucose.

-Hétéro fermentaires: la fermentation du glucose aboutit à la formation de l'acide lactique et d'autre composés comme : l'éthanol, CO₂ et autre acides gras (DOMAINDJI, 1997).

2- Sources d'isolement :

2-1- Le lait : c'est un milieu idéal pour les micro-organismes hétérotrophes capables d'assimiler le lactose et les protéines, mais ce n'est pas un milieu de culture universel. Parmi les espèces adaptées à ce milieu, on cite : *streptococcus thermophilus* et *lactobacillus bulgaricus* (DOMAINDJI, 1997).

2-2- Autres milieux :

Les bactéries lactiques sont observées au niveau des végétaux (plantes et fruits), animaux et humain (cavité buccale, vaginale,...). (DOMAINDJI, 1997).

Les espèces du genre *streptococcus* se retrouvent surtout chez les hommes, les animaux et les oiseaux, certaines espèces du groupe sérologique N et D ont été isolées sur les plantes. Elles sont pour la plupart saprophytes. Mais certaines ont un caractère pathogène.

Les espèces du genre *lactobacillus* sont le plus couramment observé dans la nature ou elles sont associées aux plantes aux animaux et à l'homme, peu d'espèces ont un caractère pathogène (ROISSART, 1986).

3- Les bactéries spécifiques du yaourt :

Tableau 03 : Quelques caractéristiques des bactéries lactiques

Espèce	pH optimale	Température de croissance		Indice de l'eau disponible (Aw) qui réduit 50% de l'acidification
		optimale	maximale	
Lc.lactis	6-6.5	29-34°C	40-42°C	0.95
St.thermophilus	6-6.5	40-42°C	49°C	0.94
Lb. Bulgaricus	5.5-6	34-36°C	52°C	0.95
B.bifidum	-	37-41°C	45°C	-

Source :(CAROLE.L, VIGNOLA ,2002).

3-1- *Streptococcus thermophilus* :

Ancienne appellation *Streptococcus salivarius thermophilus* se développe bien à des températures de 37°C à 40°C ce sont des bactéries Gram positif, catalase négative, se présentent sous forme de cocci en paire ou en chaînettes.

Cette espèce est thermorésistante (résiste à 60-65°C pendant 30Mn) avec une température de croissance comprise entre 19°C et 52°C, *Streptococcus thermophilus* est halotolérante (2 à 4% de NaCl) et homofermentaire, elle dégrade le lactose par une β -galactosidase en produisant de l'acide lactique sous forme d'isomère L(+)
(TOURKI et YAHOU, 2007).



Figure 05 : *Streptococcus thermophilus* (internet 04)

3-2- *Lactobacillus bulgaricus* :

Cette espèce se présente sous forme de courts bâtonnets lorsque la culture est jeune et elle présente des ramifications lorsqu'il s'agit d'une culture âgée. *Lactobacillus bulgaricus* présente des granules métrichromatiques colorés en bleu de méthylène.

Lb .bulgaricus est Gram positif, catalase négative, homofermentaire, elle présente une bonne croissance dans un milieu (a pH comprise entre 4,5 – 6,4 thermorésistante (60°C/90Mn et 65°C/50Mn) avec une température optimale de croissance située entre 37°C et 42°C (TURK et YAHOU, 2007).

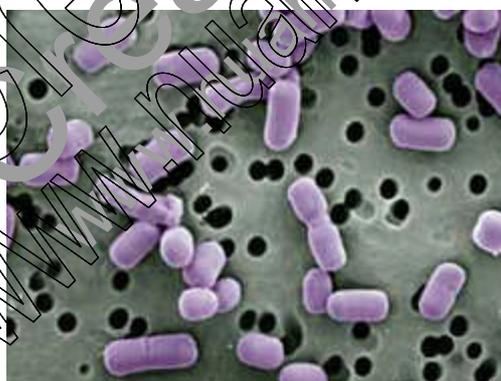


Figure 06 : *Lactobacillus bulgaricus* (Internet 04).

4- Rôle et intérêt des bactéries lactiques dans les produits laitiers:

On cite ci de sous quelques fonctions des bactéries lactiques :

4-1- Activité acidifiante :

C'est la principale fonction des bactéries lactiques, elle résulte la formation d'acide lactique au dépend de lactose (DESMAZEUD, 1996) et provoque aussi la coagulation de lait (LARPENT et al, 1997), cet acide lactique permet de concentrer et

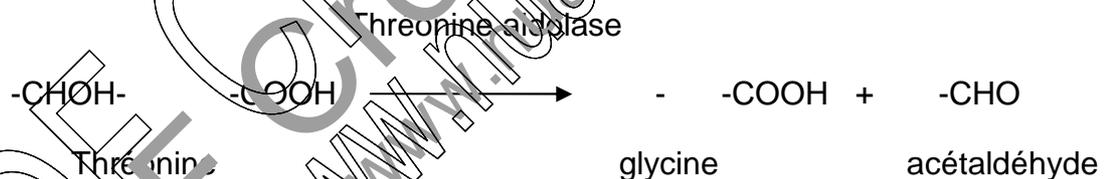
de conserver la matière sèche du lait, l'acidité d'un yaourt est communément exprimée en degrés Dornic (0.1g/l d'acide lactique). (ROISSART et LUQUET.F.M, 1994). Les *Lactobacillus bulgaricus* peuvent produire jusqu'à 2.7% d'acide lactique en baissant le pH jusqu'à une valeur de 3.6 alors que les *Streptococcus thermophilus* sont limité à un maximum de 0.6% d'acide lactique pour un pH environ de 4.5 (VIGNOLA, 2002).

Une deuxième conséquence de l'acidification, est l'inhibition de la croissance des microorganismes nuisibles, et de ce fait, agit comme un conservateur de tous les produits fermentés et comme préventif des infections intestinales (DELLAGLIO et al, 1994).

4-2- Activité aromatique :

Les bactéries lactiques produisent des composés aromatiques qui participent largement aux caractéristiques organoleptiques des produits fermentés. (DELLAGLIO et al, 1994).L'acétaldéhyde est le composé aromatique le plus caractéristique de la flaveur du yaourt, d'autre molécules intervenant dans la note aromatique ont également été identifiées comme: acétoine, acétone, éthanol, diacétyle. (ROISSART et LUQUET.F.M, 1994).

L'acétaldéhyde est principalement produit par *Lb.delbrueckii ssp bulgaricus* à partir de la thréonine. (ROISSART et LUQUET.F.M, 1994).



4-3- Production d'agents épaississants :

La texture et l'onctuosité constituent pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines bactéries lactiques produisent des polysaccharides qui jouent le rôle d'agent de texture et donneront au produit fini son caractère onctueux ou filant (ROISSART et LUQUET.F.M, 1994).

4-4- Activité protéolytique :

L'activité protéolytique des bactéries lactiques est réelle et joue un rôle important en technologie fromagère.la dégradation des protéines du caillé constitue un problème majeur de l'affinage des fromages où elle engendre un assouplissement de la pâte, un changement de sa couleur et de son opacité. (LARPENT et LARPENT, 1997).ce phénomène est assuré par des enzymes d'origines diverses : le lait, la présure et les microorganismes qui peuplent les pâtes (KISMA, et al. ,2003).cette protéolyse est l'œuvre des deux bactéries de yaourt ; *Lb. Bulgaricus*, possèdent une

protéase localisée dans l'enveloppe cellulaire et les *St. thermophilus*, possèdent des peptidases intracellulaires qui leur permettent d'utiliser des peptides exogènes comme source d'acides aminés (LOONES, 1993).

L'activité protéolytique globale des bactéries lactiques est considérée comme faible comparé à celle d'autres germes bactériens comme, bacillus ou pseudomonas (NOVEL, 1993).

4-5- Activité lipolytique :

Comme la plupart des microorganismes, les bactéries lactiques possèdent une activité lipolytique. Bien que, des lipases et des estérases ont été détectées chez de nombreux lactocoques et lactobacilles, elles n'agissent que sur une matière grasse déjà partiellement hydrolysée, ce qui fait que cette activité est limitée (KERDEL.M.R, 2006).

La très petite quantité de composant qui en résulte de la lipolyse aura une grande influence sur le goût et l'arôme, par ailleurs, les acides gras ne restent pas tous à l'état libre ; par estérification, prennent naissance des composés comme le butyrate d'éthyle, hexanoate d'éthyle qui contribuent à la formation de la saveur et de l'arome (BOURGEOIS et LARPENT, 1996)

Chapitre III : Le yaourt

Le yaourt est un aliment lacté utilisé dans notre étude. Il est obtenu par la multiplication des bactéries lactiques dans le lait. L'acide lactique produit à partir du lactose contenu dans le lait permet la coagulation du lait et confère une saveur acide aux produits. Les caractéristiques propres des différents laits fermentés sont dues à la variation particulière de certains facteurs, tels que la composition du lait, la température d'incubation ou les ferments utilisés (LUQUET et CORRIEU, 2005).

1-Définition :

Les termes yoghourt ou yogurt, sont moins utilisés, mais aussi corrects, selon la définition de la FAO / OMS en 1977.

Le codex alimentaires, norme n°A-11(a) (1975) définit ainsi le yaourt : « Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écimé, enrichi en extrait sec) avec ou sans additions (lait en poudre, poudre de lait écimé, etc...). Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants » (FAO, 1995).

2- Les types de yaourt :

- Selon le procédé technologique de fabrication du yaourt, on distingue :

2-1- Yaourt ferme ou étuvé :

Le laitensemencé est rapidement réparti en pot, ces derniers sont placés dans une étuve pour permettre la fermentation, l'incubation dure environ 3 à 4 heures à une température entre 42 à 45 °c jusqu'à l'obtention d'une acidité de 75 à 100° D. Les pots sont refroidis rapidement à une température de plus de 4°c dans une chambre bien ventilée, ce refroidissement a pour but d'arrêter l'acidification par l'inhibition des bactéries lactiques (LUQUET, 1985).

2-2- Yaourt brassé :

Est un yaourt à consistance semi liquide, la fermentation s'effectue en cuve, le caillé ensuite brassé puis refroidis avant d'être conditionné en pot, puis entreposé en chambre froide. L'addition éventuelle d'arôme, de pulpes ou de fruits se fait au moment de remplissage des pots après l'incubation, pour conserver la consistance du yaourt brassé (LUQUET, 1985).

2-3- Yaourt à boire :

Il s'agit d'un gout à consistance liquide, sa liquidité est obtenue par une diminution de la teneur en matière sèche (LUQUET, 1985).

2-4- Yaourt probiotique :

Renferme des souches bactériennes probiotiques qui sont capables, en transitant vivantes dans l'organisme, de produire des effets bénéfiques chez l'homme (Internet 05).

- Selon la teneur en matière grasse, on distingue trois types de yaourt :
 - Yaourt entier : contient au minimum 3% (en poids) de matière grasse (3% à 4,5MG).
 - Yaourt partiellement écrémé : ce type de yaourt contient moins de 3% (en poids) de matière grasse (1 à 2% de MG).
 - Yaourt écrémé : la teneur en matière grasse représente au maximum 0,5% (en poids) dans le yaourt écrémé (0,05 à 0,1% de MG).
(TOURKI et YAHOUÏ, 2007).

3- Etapes de fabrication :

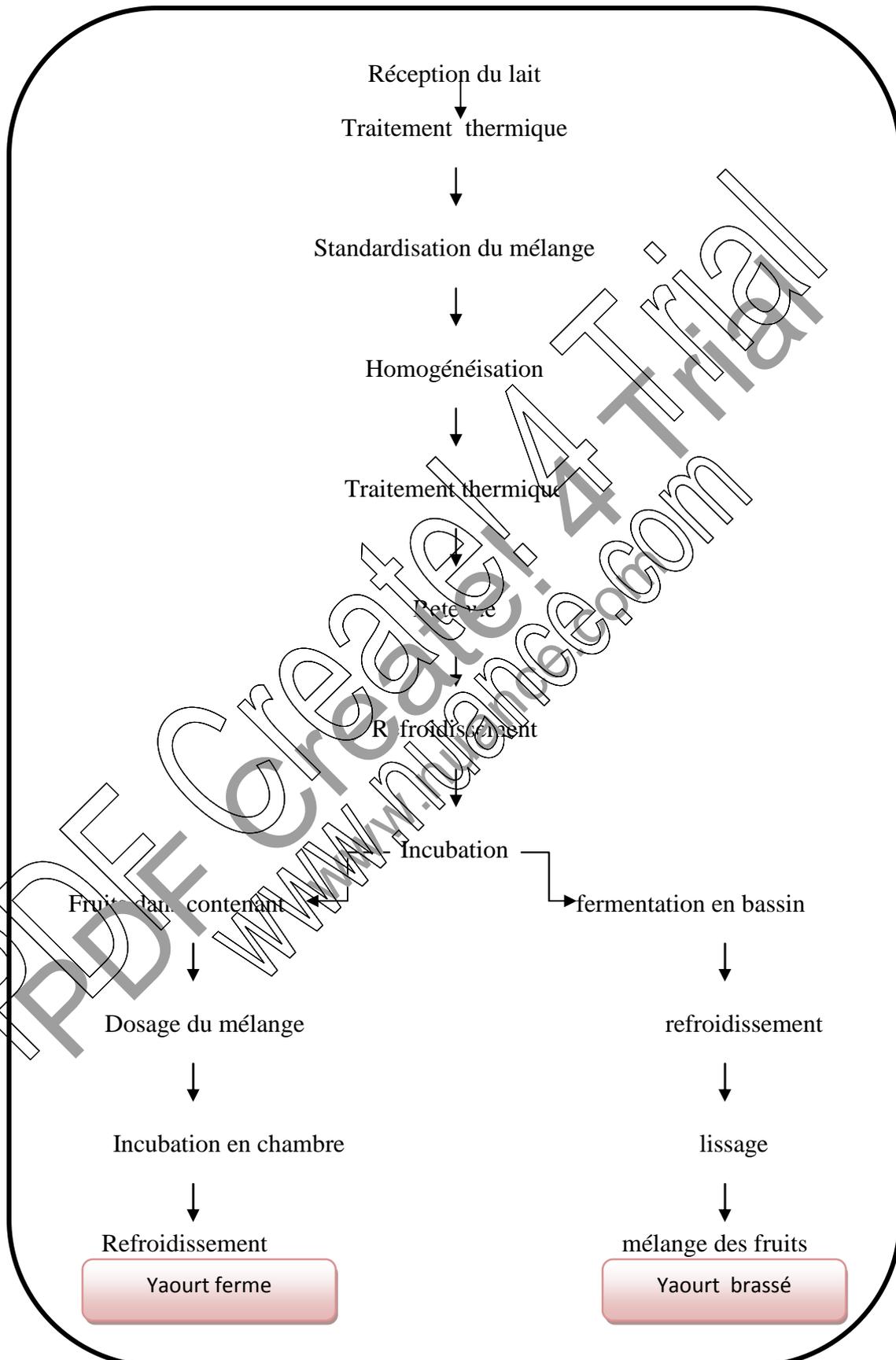


Figure 07 : diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt (CAROLE et VIGNOLA ,2002).

Le schéma de la figure résume les étapes de fabrication du yaourt. Celle-ci peut subir des variantes de sorte que les étapes indiquées peuvent faire l'objet de modification dans leur ordre comme dans leur nombre.

4- la fermentation du yaourt :

Le yaourt est un lait fermenté obtenu à partir du lait ou produits laitiers sous l'action protosymbiotique de *streptococcus thermophilus* et *lactobacillus bulgaricus* (MAHAUT et al, 2000).

La fermentation est réalisée grâce à l'inoculation (dans un rapport des deux germes bactéries, streptocoque et lactobacille) à raison de 0,5 à 5% du volume de lait. L'ensemencement doit être homogène (MEYER.J et P.ERI E.D, 1999).

Les deux espèces microbiennes vivent en symbiose et il existe une synergie entre les deux bactéries qui portent sur une stimulation mutuelle. Cette dernière concerne principalement la croissance, l'acidification, et la production de composés aromatiques dont l'acétaldéhyde qui a un rôle prépondérant dans l'arome du yaourt et qui est principalement produit par *lactobacillus bulgaricus* (MAHAUT et al, 2000).

La croissance de *streptococcus thermophilus* débute rapidement, bien avant à celle de *lactobacillus bulgaricus* qui nécessite les facteurs de croissance issus de l'activité métabolique des streptocoques, au début de la fabrication. Le pH du lait est favorable aux streptocoques qui prédominent et assurent le départ de la fermentation lactique. (MAHAUT et al, 2000).

5- Les bienfaits de la transformation du lait en yaourt :

Lors de la transformation du lait en yaourt certains avantages apparaissent :

- Amélioration de la digestibilité des protéines du lait.
- Meilleure assimilation du calcium solubilisé par l'acide lactique.
- Production de certaines vitamines du groupe B par les bactéries lactiques (l'apport vitaminique complémentaire pouvant être de 1à20%).
- L'acidité stimule les mouvements péristaltiques du tube digestif, facilitant l'élimination des micro-organismes pathogènes.
- Par son pH, l'acide lactique inhibe le développement de germes pathogènes et constitue une protection du yaourt lui-même mais aussi du tube digestif du consommateur.

- Les bactéries du genre *Lactobacillus* secrètent du peroxyde d'hydrogène antiseptique pouvant être efficace in vivo.
- La flore du yaourt a un effet bénéfique sur certains mécanismes immunitaires de la sphère digestive.
- *Streptococcus thermophilus* semble empêcher l'implantation de certaines bactéries dans l'intestin, telles que salmonelles et colibacilles.

-ce pendant les bactéries du yaourt ne s'implantent pas dans la flore intestinale ; pour maintenir leurs effets bénéfiques, un apport régulier de yaourt s'impose. (MAHAUT et al, 2000).

- Notre expérimentation a été réalisée au niveau de laboratoire d'analyse microbiologique et physico-chimique de la laiterie de Trèfle (Blida), ainsi au laboratoire d'amélioration des plantes du département d'agronomie (Université de Blida).

- Notre travail consiste à étudier :

* La possibilité d'enrichissement d'un yaourt par le jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* et d'utiliser le potentiel médicinale et nutritionnelle de ce fruits

* L'effet sur la flore lactique du yaourt et suivre l'évolution de l'acidité et du pH en cours de la fermentation lactique.

I- Matériel :

Tous le matériel utilisé est cité en annexe I.

Ce matériel comprend :

- 1) Appareillages.
- 2) Verreries et autres matériels.
- 3) Réactifs et produits chimiques.
- 4) Milieux de culture.
- 5) Matériel végétal.
- 6) Ferments lactiques.

II- Méthodes :

1- Préparation de jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* :

• La préparation de notre jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* est réalisée au laboratoire d'amélioration des plantes du département d'agronomie (Université de Blida) pendant le moi d'Octobre 2010 et en Avril 2011.

• Les travaux ont été réalisés selon des étapes résumées dans la figure ci-dessus :

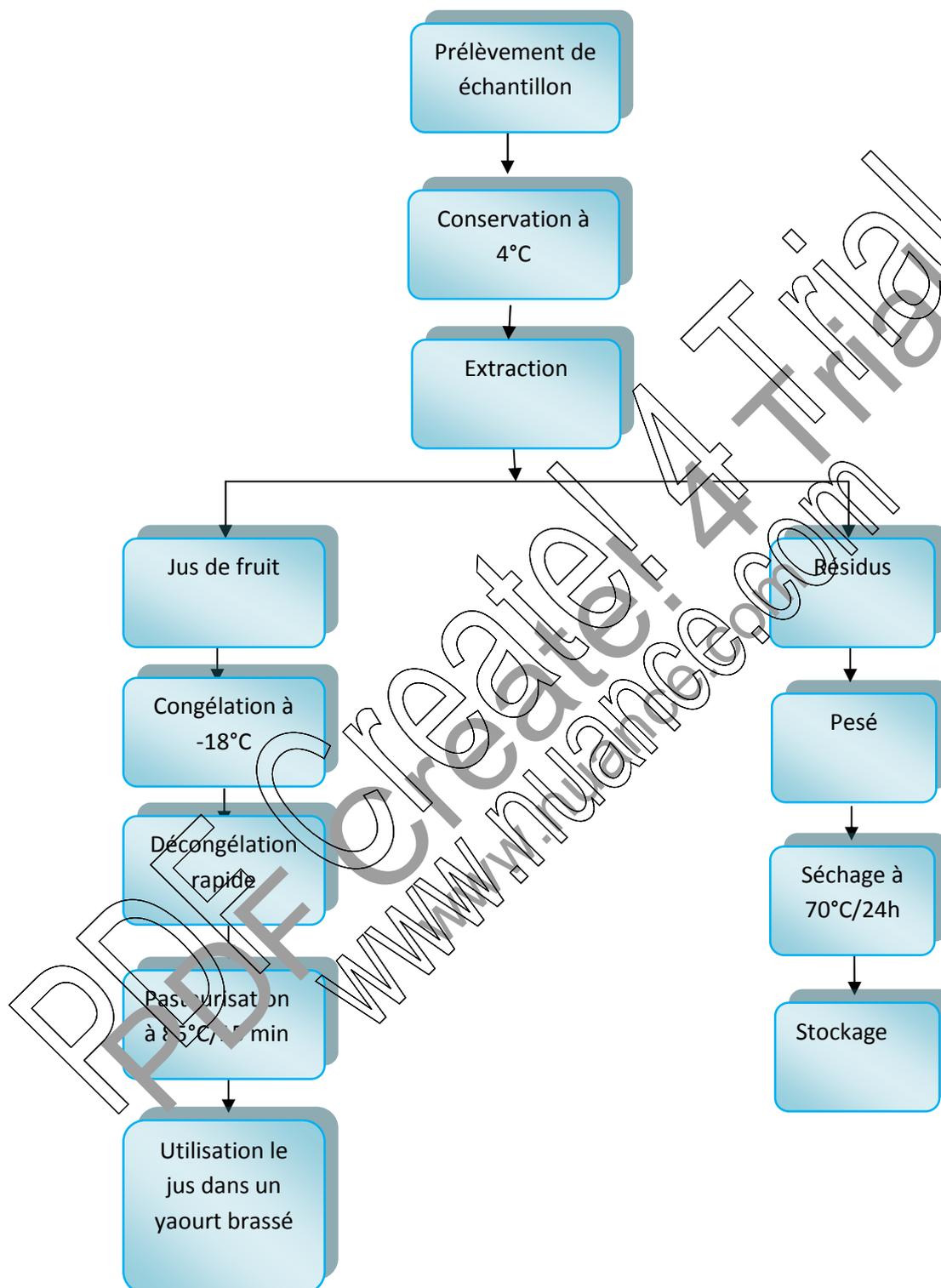


Figure 08 : Schéma d'extraction de jus de fruit d'*Opuntia ficus indica*.

1-1- Prélèvement des échantillons :

Les fruits de variété inerme de l'*Opuntia ficus indica*, ont été récoltés durant le mois d'octobre 2010 de la zone de Mitidja en région de Mouzaïa qui se situe à environ 70Km au sud-ouest d'Alger (voir situation de la zone de prélèvement sur photo par satellite en annexe II).



Figure 09 : Fruits d'*Opuntia ficus indica* inermis (photo originale)

La récolte des échantillons de fruits est fait d'une manière aléatoire, ils sont distingués par leurs poids et répartis comme montré le tableau suivant (la population analysée comporte plus de 30 fruits).

Tableau 04 : Le nombre d'échantillons récoltés selon le poids.

Fruits avec l'enveloppe		Fruits sans enveloppe	
Poids (g)	Nombre des échantillons	Poids(g)	Nombre des échantillons
20-30	5	24-35	10
30-70	10	35-40	9
> 70	15	> 40	11

1-2- Extraction de jus:

- L'extraction du jus de fruits a été faite au niveau de laboratoire d'amélioration des plantes, département d'agronomie université de Blida.

- Des fruits de couleur jaune-orange lavés et épluchés sont directement utilisés pour l'extraction du jus.

- Cette dernière permet de séparer la pulpe et le jus de fruits d'*Opuntia ficus indica*. L'extraction est réalisée dans une centrifugeuse ménagère de marque Robotic (Voire photo en annexe II), avec deux vitesses de rotation (5700 tours/min et 7900 tours/min), munie d'un tube d'alimentation (74mm de diamètre). On recueille ainsi séparément le jus et les résidus solides (grains de fruits).

-le jus concentré est conservé dans des bouteilles stériles à température de -18°C.



Figure 10 Jus frais de fruits (photo originale).

1-3- Pasteurisation :

Est un procédé de conservation temporaire de certains produits alimentaires (jus de fruits dans notre cas) par chauffage pendant 15 minutes à 85°C, suivi d'un refroidissement brusque. Cette méthode permet de détruire la plupart des germes pathogènes sans modifier les substances protéiques.

2- Préparation de la matière blanche (lait reconstitué + ferments lactiques) :

- La préparation de la matière blanche a été effectuée au niveau de laboratoire de microbiologie de la laiterie de Trèfle (Blida). Et les étapes de préparation sont les suivantes :

→ Reconstitution : on a mélangé 140g de poudre de lait entier et 100g de sucre dans 800 ml d'eau.

→ Pasteurisation : le mélange a subi un traitement thermique à 90°C pendant 5 minutes et 30 secondes.

→ Homogénéisation : elle permet la dispersion des différents constituants de mélange.

→ Refroidissement : faire baisser la température à 44°C.

→ Injection des ferments lactiques : c'est l'addition de 0.12g de ferment lactique « *Lactobacillus bulgaricus* » et « *Streptococcus thermophilus* ».

3- L'ajout du jus des fruits d'opuntia :

L'addition de jus pasteurisé a été effectuée selon les concentrations (0 – 5 – 10 et 20 %) du jus par rapport à la masse de poudre de lait dans des conditions stériles, afin de suivre la cinétique de croissance des bactéries lactiques, et le contrôle de l'acidité et de pH en cours de fermentation lactique.

4- Homogénéisation et incubation :

Après l'ajoute de jus pasteurisé, on a bien homogénéisé le mélange « matière blanche – jus » et on a incubé à 44°C pendant des temps précis (1h30, 3h, 4h30, 6h, et 24h).

Au cours des différentes périodes d'incubation, des analyses microbiologiques (dénombrement de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) et chimiques (acidité et pH) ont été effectuées afin de suivre l'effet du jus pasteurisé sur la cinétique de croissance de ces ferments.

-Ces étapes sont résumées dans le schéma suivant :

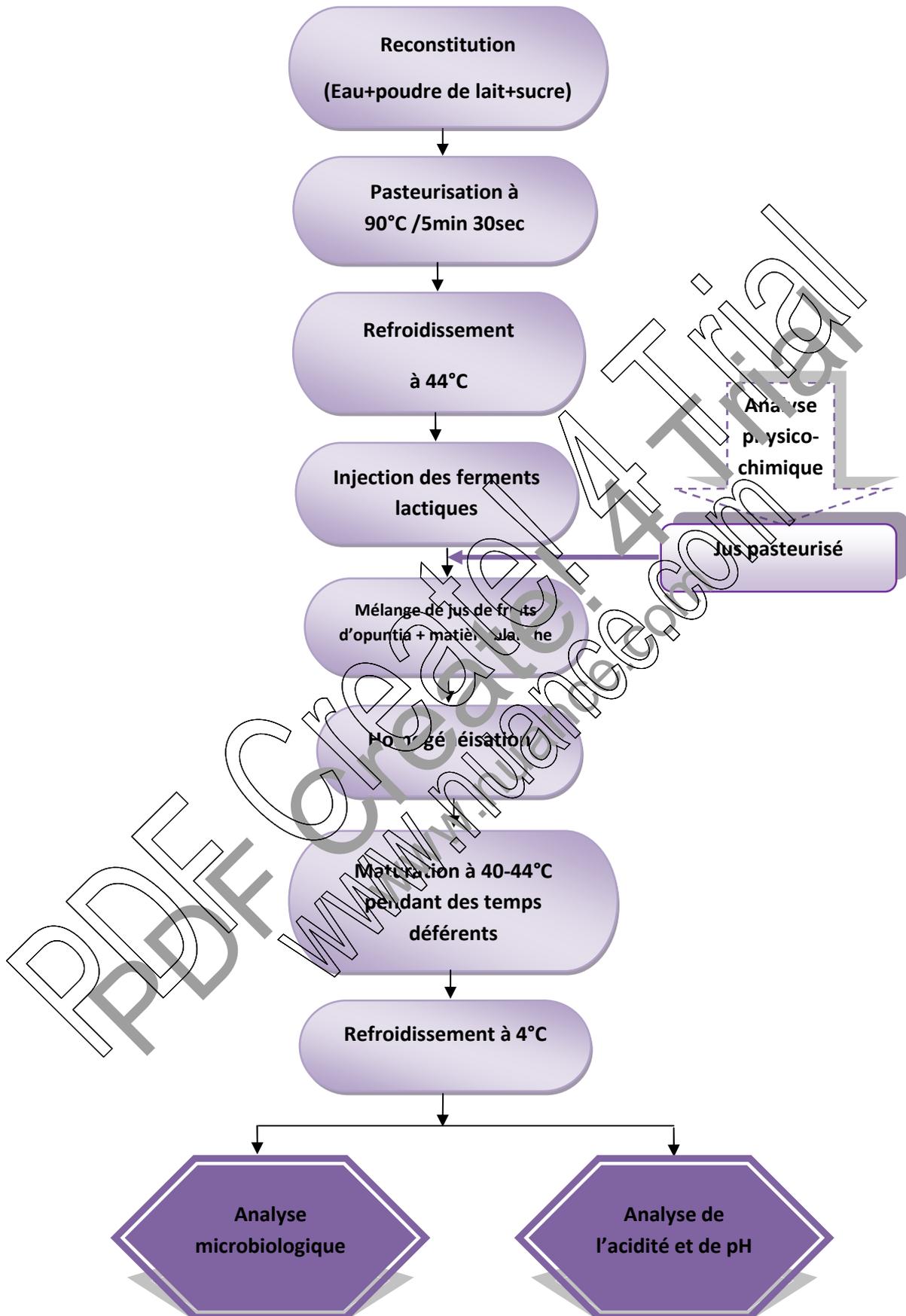


Figure 11 : schéma de protocole expérimental.

5- Méthodes d'analyses :

5-1- Analyses statistiques

Les essais réalisés sont bi factoriel, ceci nous permet de connaître l'effet du facteur étudié sur le caractère étudié. Les facteurs introduits volontairement en vue d'en examiner l'effet sont l'évolution du pH ou l'acidité en fonction du temps et de la concentration du jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* : ceci est quantitatif.

Le dispositif expérimental qui nous a permis d'étudier le facteur suit une loi de randomisation totale.

L'élaboration du plan expérimental est résumée comme suit

- 1^{er} facteur étudié : le nombre d'UFC/ml en fonction du temps, T₀, T₁, T₂, T₃, T₄ et T₅
- 2^{ème} facteur étudié : l'évolution de l'acidité ou de pH en fonction de la concentration de jus (0%, 5% ,10% et 20%)
- Nombre de variantes : deux variantes
- Nombre de répétition : deux répétitions

Interprétation des résultats :

Les résultats d'essai sont analysés à l'aide d'un logiciel statistique qui est le **STATITCF**.

Le premier test qui nous permet de déterminer les différences entre les moyennes des différents traitements est l'analyse de la variance en faisant sortir la probabilité du traitement.

L'interprétation consiste en premier lieu à examiner l'effet des facteurs étudiés par le teste de signification.

Le seuil de signification retenu est 5%.

- Si la probabilité calculée est supérieur à 0,05, on admet l'existence d'un effet global est non significatif.
- Si la probabilité calculée est inférieur à 0,05, l'effet est significatif
- Si la probabilité est de 0,00X, l'effet est hautement significatif.
- Si la probabilité est de 0,000X, l'effet est très hautement significatif.

Après le test de signification, si la probabilité est inférieure à 0,05, l'analyse sera complétée par l'étude de la plus petite différence significative (PPDS) ou (Test de NEWMAN-KEULS) qui permet de classer les moyennes des différents traitements en groupes homogènes, ainsi ressortir les meilleurs traitements.

5-2- Analyses microbiologiques :

La méthode de dénombrement des microorganismes caractéristiques par une technique de comptage des colonies à 37°C dans le yaourt est citée dans le journal officiel N° 43 du 24 /05/2004.

5-2-1- Préparation de la suspension mère et de dilutions de «males» :



Figure 12: préparation des suspensions mères de mélange « jus- matière blanche » (photo originale)

- Prélever aseptiquement 10g de yaourt et introduire dans un flacon stérile contenant au préalable 100g de TSE (Tryptone-Sel-Eau).
- Homogénéiser par mouvement de va et vient
- Cette suspension mère correspond à la dilution 10^{-1} (1/10)
- Prélever aseptiquement 1ml de cette dilution à l'aide d'une pipette stérile et l'introduire dans un tube stérile contenant 9ml de TSE, bien homogénéiser et avoir une dilution de 10^{-2} (1/100), procéder les mêmes étapes jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-8} .



Figure 13 : Préparation des dilutions décimales (photo originale).

5-2-2- Dénombrement de la flore lactique :

➤ Dénombrement de *Lactobacillus bulgaricus* :

- Prendre deux boîtes de pétri par dilution.
- Transférer dans chacune de ces boîtes, à l'aide d'une pipette stérile 1ml de deux derniers dilutions appropriées dans les boîtes de pétri.
- Couler chaque boîte 12 – 15 ml de MRS fondu et maintenu à 45°C.
- Mélanger soigneusement l'écu avec le milieu par rotation des boîtes.
- Laisser le mélange solidifier en laissant les boîtes sur une surface fraîche et horizontale.
- Incuber pendant trois jours à 37°C les boîtes ensemencées dans une jarre comporte le sachet d'anaérogène pour la culture en anaérobie.

Dans ces conditions, *Lactobacillus bulgaricus* forme des colonies lenticulaires souvent en forme d'étoile de 1 à 3 mm de diamètre.

➤ Dénombrement de *Streptococcus thermophilus* :

- Prendre deux boîtes de pétri par dilutions.
- Transférer dans chacune de ces boîtes, à l'aide d'une pipette stérile 1ml de deux derniers dilutions appropriées.
- Couler chaque boîte 12 – 15 ml de M₁₇ fondu et refroidi à 45°C.
- Mélanger et laisser solidifier sur une surface froide.
- Incuber les boîtes ensemencées pendant deux jours à 37°C.

Dans ces conditions, *Streptococcus thermophilus* forment des colonies lenticulaires de 1 à 2mm de diamètre.

5-2-3- Confirmation des colonies développées par tests appropriés :

a) Coloration de Gram :

L'examen des microorganismes après coloration de Gram dite non vitale permet d'obtenir des préparations stables durables mettant mieux en évidence les structures cytologiques.

La forme des microorganismes grâce à la coloration apparaît nette. Les bactéries qui ont coloré en violet sont dite Gram (+), les bactéries décoloré par éthanol et recoloré en rose sont dite Gram (-).

➤ Préparation du frottis :

Prélever à l'aide d'une anse à l'ensemencement une colonie à étudier et la déposer à la surface d'une goutte d'eau sur une lame propre et bien étaler.

➤ Fixation : Effectuer un séchage par plusieurs passages de courte durée (maximum 2 à 3 secondes) au dessus de la flamme de bec bunsen.

➤ Coloration proprement dite :

- Recouvrir la lame avec le violet de gentiane pendant deux minutes.
- Verser sur la lame quelques gouttes de rouge, laisser agir une minute et égoutter.
- Recouvrir d'éthanol pendant 30 secondes.
- Rincer à l'eau.
- Recolorer par la fushine et laisser agir pendant une minute.
- Rincer à l'eau puis sécher à nouveau la lame.

➤ Observation microscopique :

S'effectue directement, sans lamelle et après mise au point à l'objectif 10 puis 40, et déposer une goutte d'huile à immersion sur la lame avant de passer à l'objectif

100

b) Test de catalase :

Cette enzyme respiratoire dégrade l'eau oxygénée H_2O_2 (peroxyde d'hydrogène) en eau et en oxygène libre qui se dégage sous forme de gaz selon la réaction suivante :



La technique consiste à déposer une goutte d'eau oxygénée sur la surface d'une culture sur gélose. Si un dégagement de gaz s'observe, la bactérie est dite catalase (+), dans le cas contraire elle est dite catalase (-).

5-2-4- Expression des Résultats :

- Retenir les dénombrements de boîtes contenant entre 10 et 300 colonies, obtenus en comptage des colonies.

- Pour chaque microorganisme caractéristique, le nombre de microorganisme par gramme d'échantillon est égal :

$$\frac{\sum C}{(n_1 + 0,1 \times n_2) d}$$

$\sum C$: Est la somme des colonies comptées sur les boîtes.

n_1 : Est le nombre de boîtes comptées à la dilution la plus faible.

n_2 : Est le nombre de boîtes comptées à la dilution la plus élevée.

d : Est la valeur correspondant à la dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements ont été retenus.

5-3- Analyses physico-chimiques :

Tableau 05: Les différentes analyses physico-chimiques effectuées.

Produits à analysés / les analyses effectuées	pH	Acidité	Extrait sec	Matière grasse	Brix
Jus	+	-	+	-	+
Matière blanche	+	+	+	+	-
Mélange « matière blanche - jus »	+	+	-	-	-

+ : analyse effectué.

- : analyse non effectué

NB : on a suivi l'évolution de l'acidité et de pH du mélange « matière blanche – jus » après 1h30, 3h, 4h30, 6h et 24h d'incubation à 44°C.

5-3-1- Détermination du potentiel d'hydrogène :

a-Définition :

Le pH est le potentiel chimique des ions H^+ dans une solution. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

Le pH mètre est équipé d'une sonde de température et une sonde de pH. Cet équipement doit être étalonné avant de commencer les analyses.

b- Principe :

Le principe repose sur la différence de potentiel chimique existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ .

c- Mode opératoire :

On plonge les deux sondes de température et pH à la fois dans l'échantillon à analyser on attend jusqu'à la mobilité du pH et on lit la valeur affichée.

d- Calcul et expression des résultats :

Le pH égal à la valeur affichée sur le pH mètre.

5-3-2- Détermination de l'acidité titrable :**a- Définition :**

L'acidité titrable du lait ou produit laitier est la quantité d'acide lactique libéré par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactiques.

b- Principe :

Titration de l'acidité par hydroxyde de sodium NaOH (0,11 mole /litre) en présence de phénophtaléine comme indicateur, le résultat est exprimé en degré Dornic (°D)

c- Mode opératoire :

A l'aide d'une pipette prélever 10ml d'échantillon à analyser, on ajoute deux gouttes de phénophtaléine puis on titre avec la soude jusqu'au virage de l'indicateur au rose clair.

d- Calcul et expression des résultats :

On détermine l'acidité par la lecture directe du volume de NaOH utilisé lors du titrage. 1ml de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH à 0,1N) correspond à 0,01g d'acide lactique, l'acidité est exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait. En pratique on utilise le terme « degré Dornic »

$$A = X \cdot \text{°D}$$

X : le volume en ml de NaOH utilisé pour le titrage.

5-3-3- Détermination de l'extrait sec totale :**a- Définition :**

L'extrait sec d'un produit est le pourcentage des matières sèches existant dans le produit et résultat de la dessiccation.

b- Principe :

Le principe repose sur l'évaporation de l'eau contenue au niveau de l'échantillon à analyser, sous l'effet d'une source de chaleur, qu'est dans ce cas la lumière infrarouge.

c- Mode opératoire :

Dans la coupelle en aluminium séché et taré, on pèse 2g \pm 5mg de produit à analyser, après étalement sur toute la surface de la coupelle en faisant attention de ne pas toucher les bords de la coupelle.

La coupelle est mise dans l'appareille dessiccateur infrarouge (voir photo en annexe II) et ce dernier est mise en marche en baissant le couvercle et appuyant sur START.

d- Lecture et expression des résultats :

Après quelque minute, un bip sonore indique à la fin de l'opération de dessiccation et le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareille en pourcentage massique de matière sèche par rapport au total.

5-3-4- Détermination de la matière grasse : (AFNOR)**a- Principe :**

La détermination de la matière grasse se fait selon la méthode de Gelber NFV 04-210, basé sur l'utilisation de l'acide sulfurique pour la dissolution des protéines et l'addition d'alcool.

c- Mode opératoire :

Dans le cas de lait (matière blanche)

➤ Préparation de butyromètre :

- Mettre 10ml d'acide sulfurique H_2SO_4 (1,825N) dans le butyromètre, en évitant de mouiller le col de butyromètre.

- Puis on ajoute 11ml de l'échantillon sans mouiller le col et en évitant le mélange prématuré du lait avec l'acide.

- Mettre ensuite à la surface 1ml d'alcool, aussi sans mouiller le col en évitant de mélanger les liquides.

- Fermer le butyromètre avec un bouchon propre et sec sans mélanger le contenu.

➤ Homogénéisation :

- Maintenir le bouchon et bien fermé.

- Retourner le butyromètre 3 ou 4 fois en l'agitant pour dissoudre les éléments de l'échantillon.

- Le mélange brunit, s'échauffe et s'homogénéise.

➤ Centrifugation :

- Mettre le butyromètre dans la centrifugeuse en équilibre.

- Centrifuger le butyromètre pendant 5 minutes à une température de 65°C.

d-Calcul et expression des résultats :

- Essuyer la tige graduée.

- Lire MG : g / l .

5-3-5- Détermination de degré brix :

a- Principe :

- L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix (°B) la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

- de 0 à 20 brix : jus de fruits non concentrés, vin, sirops légers
- de 20 à 55 brix : sauces
- de 55 à 90 brix : sirops denses, coulis, pulpes concentrées en sucre, jus de fruits concentrés

- L'appareil utilisé pour la mesure est un réfractomètre (voir photo en annexe II).

b- Mode opératoire et lecture de résultat :

- Ouvrez le prisme de la lumière d'entrée.
- Nettoyer la surface du prisme par flanelle de coton doux.
- Chute de 1 à 2 gouttes de solution à mesurer.
- Fermer le prisme de la lumière d'entrée → appuyez légèrement, la lecture est le Brix de la solution mesurée.
- Si la lumière n'est pas suffisante, vous pouvez faire pivoter et ajuster 1.
- Après la mesure. Eliminez la partie adhérente à la surface du prisme et la plaque de recouvrement par le gaz humide.

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

DISCUSSION GÉNÉRALE

Notre travail qui s'inscrit dans le cadre de l'étude des possibilités d'enrichissement d'un yaourt brassé a permis de compléter les données relatifs sur la valeur nutritionnelle du jus de fruit de figuier de barbarie par leur effet sur la cinétique de croissance des bactéries lactiques et l'évolution de la fermentation.

En effet on observe que les paramètres acidité et pH ainsi que leur évolution en fonction de temps reste d'une part conforme aux normes appliquées aux yaourts, tout en réduisant la durée de fermentation selon la dose du jus additionné au yaourt. Cette addition permis aussi d'observer que même la concentration 5% accélèrent la croissance des ferments lactiques, notamment *Lactobacillus bulgaricus* cette accélération est due à la présence des divers métabolites dans le jus de fruits.

On peut dire que la concentration de 10% constitue le milieu le plus favorable pour les deux bactéries à raison de la cinétique de croissance présenté par les deux bactéries lactiques.

Durant l'incubation, *Lactobacillus bulgaricus* semble participer plus activement au processus de fermentation et à son accélération par rapport le taux de croissance présenté par *Streptococcus thermophilus*.

Les composants du jus : acides organiques dont vitamine C, les sucres et métabolites secondaires (polyphénols, flavonoïdes...) peuvent jouent un rôle de conservateur (MULTON, 1992) et peuvent aussi être à l'origine de l'accélération de la fermentation constatée en modifiant légèrement l'acidité.

La durée de la maturation de yaourt qui est réduite de plus d'un 1h30 (passe de 3-4h30 à 1h30), peut générer un gain économique non négligeable pour les fabricants en plus des avantages organoleptiques qui apparaît après l'addition de jus que se soit pour le gout, l'arome ou la couleur.

CONCLUSION

L'utilisation de jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* dont l'apport nutritionnel et sa richesse en éléments multifonctionnels tels que les fibres, les antioxydants et les composés phénoliquesetc a montré la faisabilité de l'addition de ce jus dans le yaourt.

L'analyse des constituants de jus extrait à partir des fruits d'*Opuntia ficus indica* a permis de mettre en évidence une teneur moyenne en matière sèche égale à 8,67%, le pH moyen de 5,90 proche de celui observé pour les cultivars marocains et une valeur de 10,2°Brix .

Suite aux résultats obtenus on déduit que :

- Le jus de fruits d'*Opuntia ficus indica* favorise la croissance de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.
- L'addition de jus au yaourt favorise l'accélération de fermentation et permet de réduire le temps de fabrication par rapport au yaourt témoin, le temps d'incubation diminue de 4h :30 à 1h :30 , cela peut être dû aux sucres métabolisables présents dans le jus de fruits et autres métabolites secondaires.

Donc grâce à sa composition, le figuier de barbarie reste une source potentielle d'énergie, pour cela les procédés industriels mis au point sont étendus et sa valorisation.

Nos travaux ont permis d'apporter une première réponse sur l'utilisation de jus de fruits d'*Opuntia* comme additif dans un produit fermenté.

Comme perspective :

- ❖ Il serait intéressant de suivre la stabilité du produit fini.
- ❖ L'acidification de jus de fruit par les ferments lactiques fait appel à une technique efficace pour prolonger la durée de conservation de jus par l'abaissement de son pH et des essais d'exploitation dans différents domaines (produits laitiers, cosmétiques) un travail qui doit compléter nos résultats.

ANNEXE I

Le matériel utilisé durant l'expérimentation :

■ Appareillage :

- Agitateur magnétique
- Autoclave
- Bain marié
- Balance de précision
- Balance normale électrique
- Congélateur
- Dessiccateur
- Etuve pour 37°C
- Etuve pour 44°C
- Microscope photonique
- pH-mètre portatif
- Réfrigérateur
- Presse mécanique

■ Verreries et autre matériels :

- Anse à boucle et à fil droit
- Bec bensen
- Becher 500 et 250ml
- Boîtes de pétries en plastiques de 90 mm de diamètre
- Butyromètre
- Erlen meyers de 500 et 1000 ml
- Flacon de 100 , 250 et 500ml stériles
- Lames
- Papier d'aluminium
- Pipettes de 0.1 , 1 et 10 ml
- Pipettes pasteur
- Portoirs de 24 tubes
- Thermomètre
- Tubes à essai stériles

Composition des milieux de culture et solution :***Gélose M17 :**

Peptone tryptique de caséine	2.50g
Peptone peptique de viande	2.50g
Peptone papainique de soja	5.00g
Extrait de levure desydraté	2.50g
Extrait de viande	5.00g
Glycérophosphate de sodium	19.00g
Sulfate de magnésium	0.25g
Acide ascorbique	0.50g
Agar	9-18g
L'eau distillée	950ml

***Gélose MRS:**

Protéase peptone n°3	10g
Extrait de levure	5g
Extrait de viande	10g
Glucose	20g
Tween 80	1g
Citrate d'ammonium	2g
Acétate de sodium, 3H ₂ O	5g
Sulfate de magnésium, 7H ₂ O	0.1g
Sulfate de manganèse, 4H ₂ O	0.05g
Phosphate dipotassique	2g

***TSE (Tryptone-Sel-Eau) :**

Tryptone	1g
NaCl (Chlorure de sodium)	8.5g
Eau distillée	1000ml

■ **colorants, réactifs et produits chimiques :**

- Acide sulfurique H_2SO_4 (1,825N)
- Alcool
- Eau oxygénée H_2O_2
- Eau physiologique
- Ethanol à 96%
- La fushine
- Huile à immersion
- Lugol
- NAOH (0,11mole /litre)
- Phénolphtaléine
- TSE
- Violet de gentiane

■ **Matériels végétales :**



Figure : Photo de fruits récoltés (photo originale)

 Ferments lactiques :

Fiche technique des ferments lactiques

Spécification	y c-x16
Produit	Fiche de y c-x16
Forme :	Fréez-dried DVS
Code :	613575
Description culture:	<i>Lactobacillus delbueckii subs-bulgaricus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>
Performance :	spécification
pH 5h :	4,5 - 4,8
Pureté	spécification
Bactéries non lactiques (CFU/g)	<500
Coliformes	<10
Entérocoques	<100
Levures	<10
Moisissures	<10
Staphylococcus aureus	<10
Salmonella *	absence dans 25g
Listeria monocytogenes *	absence dans 25g

* Analyse réalisé périodiquement sur une sélection de lots représentatifs de la production.

Tableau 10 : Composition moyenne et valeur nutritionnelle des différents types de yaourt.

Type de yaourt	Teneur moyenne pour 100g de produit					
	Protides en g	Lipides en g	Glucides en g	Calcium en mg	Valeurs énergies	
					KJ	Kcal
Yaourt naturelle	4.1 à 4.2	1.2	5.5 à 6.5	150 à 160	200 à 220	47 à 52
Yaourt au lait entier	3.8 à 4.0	3.5 à 4.0	5.3 à 5.5	-	285 à 305	68 à 73
Yaourt nature 0%	4.2 à 4.6	traces	5.5 à 6.5	-	160 à 185	83 à 44
Yaourt nature sucrée	3.8 à 4.1	1.1 à 1.2	14.5	-	350	83
Yaourt aromatisé au lait entier	3.2	3.2	12	140 à 150	370	88
Yaourt brassé nature	4.3	1.8	5.2	-	230	90
Yaourt brassée au aux fruits	3.75	1.65 à 2	14.5 à 16.5	130	340 à 365	81 à 87
Yaourt au lait entier aux fruits	3.1 à 3.5	2.7	16.5 à 18.5	-	430	102
Yaourt maigre de fruit	3.6	traces	17.2	-	350	83

Source : SYDIFRAIS, 2000

ANNEXE II

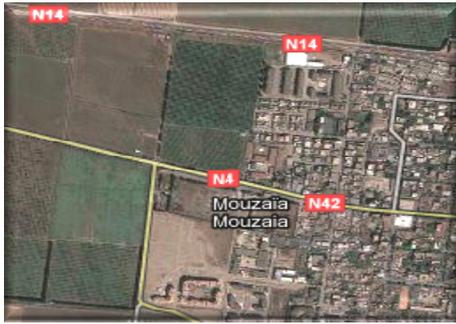


Photo par satellite de la région de Mouzaïa(Blida)



Balance de précision



Un dessiccateur électrique



Les pots incubés



Un réfractomètre



Centrifugeuse ménagère (marque Robot-C)

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

ANNEXE III

Présentation de l'unité :

-L'unité Trèfle située au niveau de la zone industrielle, site 1, Ben Boulaid Blida, est une entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée(EURL).

-Elle occupe une surface générale de 11.000 m² dont 6.500 m² sont couvertes par les bâtiments de production, de stockage, du service sociale et administratif, en plus les laboratoires d'analyse et les ateliers de maintenance, poste de transformation électrique aussi qu'un poste de garde.

-L'unité s'est lancée en production en 1983 avec une capacité de production de 3500 pots /heure du yaourt brassé, après une stagnation qui a duré jusqu'en 1990, l'unité arrive à produire 6500pots/heure, plus à avoir l'acquisition d'une nouvelle chaine de fromagerie (Pâte molle et pâte pressée).

-Entre 1990 et 1996, la forte instabilité politique et sociale a entraîné une perte de pouvoir d'achat et absence d'investissement. En 1997, et avec la relance de l'activité économique en Algérie, on marque un début d'investissements pour Trèfle.

-En Avril 1998, l'unité a eu l'acquisition de produire 12500pots/heure, et la capacité de production arrivée jusqu'au 77500pots/heure en l'an 2001.

-Toujours dans ses investissements, l'unité lance en 2002, une nouvelle ligne de production de lait en bouteille plastique PEHD, avec installation SIDL : extrusion et soufflage avec autoclave continu de 130 000 bouteille /jours dans la gamme de produits frais et de longue conservation, boissons lactées et fruitées.

-La gamme de produit de l'unité est variée, essentiellement produit en très grandes quantités.

❖ Le yaourt, en trois sortes :

- Yaourt étuvé aromatisé en pots ou en bouteilles.
- Yaourt brassé aux fruits.
- Yaourt étuvé édulcoré à l'aspartame (light).

❖ Les desserts lactés sont les crèmes desserts à deux aromes différents, caramel ou chocolat.

❖ La pate fraîche aromatisée ou nature.

❖ Et en fin le lait et leben en sachets et en bouteilles.

-La distribution des produits laitiers Trèfle est à l'échelle nationale, elle est assurée par cinq principaux points de vente.

-L'unité dans sa voie vers la certification, possède un bureau spécialisé en certification ISO 09001-2000.

ANNEXE IV

➤ Tableau 11 : résultats statistiques de l'évolution de pH.

	S.C.E	DDL	CARRE MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. TOTALE	22,73	47	0,48				
VAR. FACTEUR 1	2,24	3	1,41	48,66	0,0000		
VAR. FACTEUR 2	14,39	5	2,88	99,10	0,0000		
VAR. INTER F1.2	3,41	15	0,23	7,83	0,0000		
VAR.RISIDUELLE 1	0,70	24	0,03		0,0000	0,17	3,3 %

➤ Tableau 12 : résultats statistiques de l'évolution de l'acidité.

	S.C.E	DDL	CARRE MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR. TOTALE	2624,48	47	558,37				
VAR. FACTEUR 1	7955,23	3	2651,74	306,71	0,0000		
VAR. FACTEUR 2	17457,85	5	3491,57	403,84	0,0000		
VAR. INTER F1.2	622,90	15	41,53	4,80	0,0004		
VAR.RISIDUELLE 1	207,50	24	8,65			2,94	4,4%

➤ Tableau 13 : L'évolution de la cinétique de croissance de *St. thermophilus*.

concentrations (%)	0%	5%	10%	20%
Temps(h)				
T ₀ (15min)	180.10 ⁶	225. 10 ⁶	70. 10 ⁶	107. 10 ⁶
T ₁ (1h :30)	276.10 ⁶	250. 10 ⁶	280. 10 ⁶	336. 10 ⁶
T ₂ (3h)	300. 10 ⁶	ind	ind	380. 10 ⁶
T ₃ (4h :30)	425. 10 ⁶	ind	ind	415. 10 ⁶
T ₄ (6h)	Ind	ind	ind	ind
T ₅ (24h)	0	0	0	0

➤ **Tableau 14 : L'évolution de la cinétique de croissance de *Lb. bulgaricus*.**

concentrations (%) / Temps(h)	0%	5%	10%	20%
T0 (15min)	$10 \cdot 10^7$	$307 \cdot 10^7$	ind	ind
T1 (1h :30)	$14 \cdot 10^7$	ind	ind	ind
T2 (3h)	$24 \cdot 10^7$	ind	ind	ind
T3 (4h :30)	$41 \cdot 10^7$	$322 \cdot 10^7$	ind	ind
T4 (6h)	$35 \cdot 10^7$	$130 \cdot 10^7$	ind	$271 \cdot 10^7$
T5 (24h)	0	0	0	0

Nombre des bactéries : UFC /ml

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ALDO P., 1982.** Fleurs et plantes médicinales. Edition Nature. 2^{ème} Edition Paris, 132p.
- **BADIS.A., GUITARNI.D., MOUSSABOUDJAMA.B., HENNI.D.F., KIHAL.M., 2004.** Identification and technological properties of acid bacteria isolated from raw goat of four Algerian races. Food microbiology, p 21-588.
- **BARBARA.GD.,1995.** History, economic and agro-ecological importance of Cactus. In (Agro-ecology, cultivations and uses of cactus pear) Eds FAO plant production and protection, 132p.
- **BETTERA ET BENACHOUR., 2006.** Contribution à la caractérisation des fruits et du jus d'*Opuntia ficus indica* à différent stade de maturité. Mémoire d'ingénieur . Département d'agronomie. Université de Blida.
- **BOURGEOIS.C.M ., LARPENT. J.P.,1996.** Microbiologie alimentaire.Tome 2:Aliments fermentés et fermentation alimentaire 2^{ème} Edition Paris: technique et documentation –Lavoisier .pp 4-29.
- **BROURI .L., 1997.** L'*Opuntia ficus indica* dans les zones steppiques Algériennes. Séminaire sur le développement de la steppe et gestion des parcours. M'sila 5-7 Mai 1997.
- **CAROLE.L. VIGNOLE., 2002.** Science et technologie du lait. 444p.
- **CHARFAOUI, ABD ., 1987 .**Contribution à l'étude comparative de province de Djelfa Forst- Ing -INA. El Harrach.P84.
- **CORREAL E ., 1998.** Arbustes fourragers, leurs rôles pour le développement et la conservation environnementale des zones arides et semi – arides méditerranéennes. Rapport 28 Septembre – 9 Octobre IGA , méditerranéennes des sarages.
- **DELAGLIO.F., DESMAZEUD.M., WEBERT.T., 1994 .**Bactéries lactiques ; Volume 2, Aspects fondamentaux et technologiques. Paris : Ed. Lorcia Uriage : pp48, 198.
- **DESMAZAEUD.M ., 1996.**Les Bactéries lactiques dans l'alimentation humaine: Utilisation et innocuité. Cahier Agricole . pp 331-343.
- **DOUMANDJI.A ., 1997.** Effet de symbiose des bactéries lactiques thermophiles sur la croissance et vitesse d'acidification .INA. Mémoire d'ingénieur.

- **DUPIN.H., 1992.** Alimentation et nutrition humaines. pp862-863.
- **ENCYCLOPEDIE. ,2010.** Nouvelle édition multimédia.
- **FAO., 1995 :** Le lait et les produits laitiers dans l'alimentation humaine.271p. pp 154-164.
- **FERNANDEZ, L. J. ET ALMELA, J. A., 2001.** Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits. *Arch. Invest. Med.*, 14 (4): 437-443.
- **FLEURENTIN J . , 1990.** Plantes médicinales .Edition :Tec & Doc
- **FLORIAN.S.C, ET REINHOLD.C. ,2005.** Cactus Stem (*Opuntia Ssp*) . A review on their chemistry technology and uses mol.nutr.food res . pp 175-194.
- **GALATI E.M. , PERGOLIZZI S., MICELI N., MONFORTE M.T. ET TRIPODO M.M .,2002.** Study on the increment of the production of gastric mucus in rats treated with *Opuntia Ficus Indica* (L) Mill. *Cladodes. J. Ethnopharmacol.* pp 229-233.
- **HADJ SADOK.T. ,2010.** Composition chimique des jeunes cladodes D'*opuntia Ficus Indica* et possibilité de valorisation alimentaire. INA. Thèse de doctorat.
- **H.C.D.S. ,1994.**Haut Commissariat Au Développement De La Steppe, L'opuntia ; technique de mise en place et d'exploitation. INA.
- **HENAULT.G ET SPENCE. M., 2006.** Marketing international : Synergie, éthique et liens.
- **Internet 01 :** www.Cactus Pro.Com
- **Internet 02 :** www.Agroculture.Ovh.Org.
- **Internet 03 :** www.Junglekey.Fr
- **Internet 04 :** www.Activa.Ca
- **KAANANE.A.,2000.** Technique de valorisation des figues de barbarie. Deuxième journée nationale sur la culture des cactus. El Kelaa de Sraghna-Maroc.
- **KAANANE .A , FADILI.M .,2000 .** Etude des caractéristiques physico-chimique des figues de barbarie de la variété Moussa et clone rahamna . Deuxième journée nationale sur la culture des cactus el Kelaa des Sraghna-Maroc.
- **KADIK.B ., 1974 .**Les plantations semi forestières et leur possibilité dans l'aménagement pastoral .In revue de la recherche agronomique (INRA).
- **KENNY .L.,1997.** Le figuier de barbarie : Espèce fruitière d'intérêt secondaire cultivé au Maroc ; le figuier de barbarie importance économique et conduite

- technique .Bulletin réalisé à l'institut Agronomique et Vétérinaire Hassen II. Rabat.
- **KERDEL.M.R ., 2006.** Isolement et identification des bactéries lactiques du lait cru de chamelle de la race « Dromadaire de la steppe ». Mémoire de DES. Université de Blida.
 - **KHELOUIA .L ., 2002.** Evolution des qualités microbiologiques et physico-chimique du concentré de jus d'orange de l'unité ENAJUC de Boufarik (Blida). Mémoire D'ingénieur. Université De Blida.
 - **KISMA.H.,KARAMANI. ,KOURDOUGLI.S., 2003 .** Isolement et identification des souches du genre *Latobacillus* a partir de lait cru de la région de Tizi Ouzou et étude de leurs effet antagoniste vis – avis des bactéries, levures et des moisissures. Mémoire d'ingénieur. Université de Blida.
 - **LARPENT.J.P, LARPENT. G.N., 1997.** Mémento technique de microbiologie technique et documentation –Lavoisier.1039p.
 - **LEHOUROU.H.N.,1996.**Le rôle de cactacée (*Opuntia*) dans le développement agricole des zones arides méditerranéennes .Pour 2^{ème} congrès international sur poire épineuse et cochenille 22-25 Septembre, 1992 Santiago- Chili.
 - **LOONES., 1993.,** laits fermentés par les bactéries lactiques, Volume 02 Lorica, Lavoisier : 612p.
 - **LOPEZ, P.O ET BURGOS, R, R., 1973 .** Camed Prickly Pear Juice .Technologie des aliments .237p.
 - **LUQUET.F.M ., 1985.** Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre).Paris Technique et documentation. 633p.
 - **LUQUET.F/M, CORRIEU.G., 2005.** Les bactéries lactiques et probiotiques. 245p.pp 4 -35.
 - **MAATAOUI.S., BELABBES ET HILALI., 2002.**Caractérisation physico-chimique de jus de deux types de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) de la région de la Chaouia ,congrès de biochimie. Casablanca 9 -10 et 11 Mai 2002.
 - **MAATAOUI B.S.,HMYENE.A ET HILALI.S .,2005.** Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia Ficus Indica*)
 - **MAHAUT.M., ROMAN.J., GERARD.B ., PIERRE.S.,2000 .**Les produits industriels laitiers .Lonres – Paris - New York. Tech et doc : Lavoisier : 178p . pp33-37.

- **MAHMOUDI. F ., 2000.** Détermination de la composition chimique et mesure de digestibilité des raquettes terminales et sub-terminales de *l'Opuntia ficus indica* dans l'alimentation des ruminants.
- **MATSHIRO.B ., LILLO .L., SEANZ .C., URZUAC ., 2005 .** Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica* .Université de Santiago de chili.
- **MEYER.C ., PIERRE DENIS.J .,1999.** Elevage de la vache laitière en zone tropicale.279p.
- **MICHEL, M., 1998.** Encyclopédie of medicinal plants, librairie du liban publishers.
- **MULAS .M., MULAS.G., 2004.** Potentialités d'utilisation Stratégique des plantes des Genres atriplex et Opuntia dans la lutte contre la désertification:112p . pp55-57.
- **MULTON.J.L., 1992.** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Paris : 779 p .
- **NOVEL.G. ,1993.**Les bactéries lactiques : microbiologie industriel(les microorganismes d'intérêt industriel).Paris Tec, Doc :Lavoisier :612p.
- **REBIHA.K. ,2006.** L'*Opuntia ficus indica* variété inermis composition et possibilité de valorisation des jeunes cladodes. Mémoire d'ingénieurat .Université de Blida.
- **ROISSART H.B.,1986 .**Bactéries lactiques. Lait et produits laitiers .Ed. Technique et documentation –Lavoisier, Paris .pp 343-414.
- **ROISSART.H. , LUQUET F.M.,1994 .**Bactéries lactiques, Paris :Lorica. 250p.
- **REBOUR.M., 1968.** Fruits méditerranéens autres que les agrumes, la maison rustique. 207p .
- **SAENZ.C., 2006.** Utilizacin agro industrial del nopal. Bulletin des services agricoles de la FAO N°162.pp 51-69
- **SCHEINVAR L., 1995.** Taxonomy of utilized opuntia in barbara G.Inglese P ;Pmeinta B.E ;Arias J.E . De J. (Eds), Agro-Ecology, Cultivation And Uses Of Cactus Pear.FAO plantation production and protection paper.132p .pp20-27.
- **SAWAYA.W.N.,KHATCHADOURIAN.H.D. SAFI.W.M. AL-HAMAD .H.M.,1983.** Chemical characterization of prickly pear pulpe *Opuntia ficus indica* and the manufacturing of prickly pear .pp183-193.

- **TAPIERO H.K.D., TEW G.N.B.et MATHE G., 2002.** Do they play a role in the prevention of human pathologies? biomed pharmacother .pp.56,200-207.
- **TOURKIS ., YAHOUI.D. ,2007.**Contrôle de qualité d'un yaourt etuvé et un yaourt brassé au cours de la conservation (unité Yoplait) .Mémoire d'ingénieur. Université de Blida.
- **VIGNOLA.C., 2002.** Science et technologie de lait : transformation du lait.Paris : presse internationale polytechnique .600p.pp 89 – 98.
- **YOUSFI S., 2000.** Rapport bibliographiques sur les opuntias et bilan de quelques études effectuées en Algérie. INRA.
- **ZOU D .M ., BREWER M., GARCIA F., FEUGANG J.M. WANG J.ZANGJ .,LIU H. ET ZOUC .P., 2005.** Cactus Pear, a natural product in cancer chemoprevention. Nutr J4. pp132 - 133.

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com