

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahlab de Blida



Faculté des Sciences Agronomiques et biologiques
Département de Biologie
Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Agronomie
Domaine : Science de la nature et de la vie
Filière : Science alimentaire
Option : Nutrition et Contrôle des Aliments (NCA)

Thème

***Evolution du pouvoir antioxydant du jus d'orange,
jus de cladodes et jus en cocktail***

Présenté par :

M^{elle} ASSAD Fatima Zohra.

Soutenu le : 23/ 09/ 2013

Président: M^r MEGATELI. I

USDB

Promoteur: M^r HADJ SADOK. T

USDB

Examineur: M^r BOUSBIA

USDB

Examineur: M^r RAMDHAN

USDB

Promotion : 2012-2013

REMERCIEMENTS

Nous tenons d'abord à remercier Allah de nous avoir aidée durant notre stage de PFE.

Nous adressons nos respects, notre gratitude et nos plus forts remerciements à Mr HADJ-SADOK. T, Maitre de conférence « B » au département d'Agronomie de l'Université de Blida.

Nous tenon à exprimer nos remerciements à notre co-promotrice M^{me} Zahra.

Nous remercions tous ceux qui ont fait l'honneur de composer le jury chargé d'examiner la soutenance.

Nos remerciements vont également à tous les ingénieurs de laboratoire de Chimie Industrielle, à Mr EL BESSEGHI. H chef de département des sciences et technologies et Mr Mohamed Maitre Assistant au département des sciences et technologies, Mr BOUKNACHEM enseignant à l'ENS, à Mr NACEUR, O enseignant dans le département de Chimie Industrielle, à l'unité AQUASIM de m'avoir accueillie au sein de ses laboratoires particulièrement Mr BENYAHIA. D, à M^{me} TERADI. N et Mr HOUARI chef de département de Chimie Industrielle, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude

Résumé

Les jus avec leurs différents goûts et leurs différentes dénominations ont pris une place importante dans le quotidien du consommateur. Donc pour ne pas mettre la vie du consommateur en danger, le jus doit passer par des contrôles avant qu'il ne lui soit attribué.

Les jeunes cladodes de *l'Opuntia ficus indica* d'une variété inermis, et de poids 60-120g sont riches en éléments nutritifs intéressants, cette richesse a montré la possibilité d'une utilisation alimentaire de cette plante par l'Homme

Notre travail a porté sur le contrôle de la qualité physicochimique du jus d'orange, du jus de cladodes et des jus en cocktail, sur le contrôle microbiologique de ces derniers, et une préparation des jus en cocktail.

Nous avons effectué une extraction du jus de cladodes, une filtration de ce dernier et un dosage des caroténoïdes et de l'activité antioxydante du jus d'orange, du jus de cladodes et des jus en cocktail, et un suivi de l'évolution des caroténoïdes et de l'activité antioxydante au cours d'un traitement thermique dans ces derniers.

Le contrôle physico-chimique nous montre que les cinq jus ont une bonne qualité organoleptique, et le contrôle microbiologique nous montre aussi que ces derniers sont dénués de micro-organismes.

Après un traitement thermique le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail à 20% ont perdu une quantité importante de caroténoïdes et une quantité considérable d'activité antioxydante mais pour le jus en cocktail, il préserve le mieux ces derniers.

Mots clés : *Opuntia ficus indica*, Caroténoïdes, Activité Antioxydante, qualité physico-chimique, contrôle microbiologique,.

Summary

Juices with their different tastes and different denominations have taken an important place in the everyday consumer. So to not put the consumer's life in danger, the juice must go through checks before it is assigned.

Young cladodes of *Opuntia ficus indica* a spineless variety, and weight 60-120g are rich in nutrients interesting, this wealth has demonstrated the possibility of a food plant by the use of human

Our work has focused on control of the physicochemical quality of orange juice, juice of cladodes and juice cocktail, the microbiological control of the latter, and preparation of juice cocktail.

We conducted juice extraction cladodes, filtration of the latter and a mix of carotenoids and antioxidant activity of orange juice, juice of cladodes and juice cocktail, and follow the evolution of carotenoids and antioxidant activity during a thermal treatment thereof.

The physic-chemical control shows that the five juices have good organoleptic quality and microbiological testing also shows that they are devoid of microorganisms.

After heat treatment the orange juice, the juice of cladodes and juice cocktail 20% have lost a significant amount of carotenoids and a considerable amount of antioxidant activity but the juice cocktail, it preserves the most recent .

Keywords: *Opuntia ficus indica*, Carotenoids, Antioxidant Activity, physico-chemical quality, microbiological control.

ملخص

قد اتخذت العصائر مع أذواقهم و أسمائهم المختلفة مكانة مهمة في حياة المستهلك اليومية. إذا حتى لا تعرض حياة المستهلك للخطر، يجب على العصير أن يمر على مراقبة النوعية قبل أن يتم تعيينه

كلادود الفتية لنبات الصبّار مجموعة متنوعة، ذات وزن بين ستون و مئة وعشرون غرام، هي غنية بالمواد الغذائية المثيرة للاهتمام، وقد أثبتت هذه الثروة احتمال الإستعمال الغذائي لهذه النبتة عن طريق الإنسان

وقد ركز عملنا على مراقبة الجودة الفيزيائية لعصير البرتقال، عصير كوكتيل، عصير كلادود، و الرقابة الميكروبيولوجية لكل عصير، وإعداد عصير كوكتيل

لقد قمنا باستخراج عصير كلادود، و ترشيح لهذا الأخير، و قد أجرينا جرعة للكاروتينات و مضادات الأكسدة لعصير البرتقال، عصير كوكتيل و عصير كلادود، و متابعة تطور الكاروتينات و المضادات للأكسدة أثناء المعالجة الحرارية

تظهر المراقبة الفيزيائية والكيميائية أن العصائر الخمس أن النتائج جيدة، و المراقبة الميكروبيولوجية تظهر أن العصائر خالية من الكائنات الحية الدقيقة

بعد المعالجة الحرارية، عصير البرتقال، عصير كوكتيل و عصير كلادود فقدوا كمية كبيرة من الكاروتينات و قدرا كبيرا من النشاط المضاد للأكسدة ولكن عصير الكوكتيل الأحسن في المحافظة على هؤلاء

كلمات البحث: الصبّار، الكاروتينات، النشاط المضاد للأكسدة، الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية

Sommaire :

Introduction	1
Partie bibliographique	2.
I/ Généralité	2.
1/ Définition des agrumes.....	2.
2/ Définition de l'orange.....	2.
2.1/ Structure morphologique de l'orange.....	2.
a/ Ecorce.....	2.
b/ Pulpe.....	3.
c/ Pépins.....	3
3/ Composition chimique de l'orange.....	3
3.1/ Eau.....	3
3.2/ Acides organiques.....	3
3.3/ Les glucides.....	3.
3.4/ Substances pectiques.....	3.
3.5/ Protéines.....	4.
3.6/ Sels minéraux.....	4.
3.7/ Vitamines.....	4.
3.8/ Pigments.....	4.
4/ Les avantages de l'orange.....	4.
II/Jus d'orange	5.
1/ Définition d'un jus de fruit.....	5
2/ Définition d'un jus d'orange.....	5
3/ Composition chimique du jus d'orange.....	5
3.1/ Eau.....	6
3.2/ Glucides.....	7
3.3/ Acides organiques.....	7
3.4/ Protéines et acides aminés.....	7
3.5/ Lipides.....	8
3.6/ Sels minéraux et oligo-éléments.....	8
4/ Principaux types du jus d'orange.....	8
4.1/ Jus de fruits pur ou 100% jus de fruits.....	9
4.2/ Jus à base de concentré.....	9
4.3/ Nectars.....	9
4.4/ Jus de fruits.....	9
4.5/ Jus gazéifiés.....	9
5/ Caractères de la qualité d'un jus.....	9
5.1/ Types de matière première.....	9
5.2/ Conditions de culture.....	9
5.3/ Etat de maturité.....	10
5.4/ Méthode de récolte et de transport.....	10
6/ Qualité alimentaire d'un jus.....	10

6.1/ Qualité organoleptique.....	10
6.2/ Qualité nutritionnelle.....	10
6.3/ La qualité hygiénique.....	10
6.4/ Qualité technologique ou marchande.....	10
7/ Altérations du jus.....	10
7.1/ Altérations microbiennes.....	10
7.2/ Modifications microbiennes des jus de fruits.....	11
a/ Modification de l'odeur et du goût.....	11
b/ Modification de l'aspect.....	11
c/ Augmentation de la pression dans les récipients.....	11
7.3/ Altérations physico-chimiques.....	11
a/ Dégradation de la vitamine C.....	11
III/L'Opuntia.....	13
1/ Présentation et répartition.....	13
2/ Biologie de l'Opuntia.....	13
2.1/ Systématique.....	13
2.2/ Morphologie et structure.....	13
a/ Les cladodes.....	14
b/ Les fleurs.....	14
c/ Les fruits.....	14
d/ Système racinaire.....	14
3/ Composition et valeur nutritive de l'Opuntia.....	15
3.1/ Les composants.....	15
a/ Eau et matière sèche.....	15
b/ Matières minérales.....	16
c/ Acides aminés, vitamines et carotènes.....	16
d/ Matière azotée totales.....	17
e/ Fibres alimentaires.....	17
f/ Glucides.....	18
g/ Mucilage.....	18
h/ Polyphénols.....	18
i/ Les vitamines.....	18
j/ Lipides.....	19
k/ Les composés phénoliques.....	19
l/ Les pigments.....	20
3.2/ Valeur nutritionnelle dans l'alimentation humaine.....	20
a/ Domaines d'utilisation.....	21
Partie expérimentale	
I/Matériel et méthodes.....	22
Objectif.....	22
1/ Matériels.....	22
a/ Matériel non biologique.....	22
b/ Matériel biologique.....	22
2/ Méthodes d'analyse.....	24

2.1/ Analyses physico-chimiques.....	24
a/ Détermination du Ph.....	24
b/ Détermination de l'acidité titrable.....	25
c/ Détermination du degré Brix ou l'extrait sec soluble.....	25
2.2/ Dosage.....	26
a/ Dosage des caroténoïdes.....	26
b/Dosage de l'activité anti-oxydante.....	26
2.3/ Suivi de l'évolution des caroténoïdes et de l'activité anti-oxydante au cours du traitement thermique.....	27
2.5/ Contrôle microbiologique.....	28
a/ Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	28
b/ Les analyses microbiologiques effectuées sur le jus d'orange, le jus en cocktails et le jus de cladodes.....	30
1/ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	30
2/ Recherche et dénombrement des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs.....	33
3/ Recherche et dénombrement des levures et moisissures.....	35
III/Résultats et discussion.....	37
1/ Résultats.....	37
a/Résultats du contrôle physico-chimique.....	37
b/ Résultats du dosage.....	37
c/ Résultats du suivi de l'évolution des caroténoïdes et de l'activité antioxydante au cours du traitement thermique.....	39
d/ Résultats du contrôle microbiologique.....	44
2/Discussion.....	44
CONCLUSION.....	48

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des jus.

Tableau 2 : Composition chimique du jus d'orange (teneur en g par l de jus d'orange).

Tableau 3 : Composition glucidique du jus d'orange (teneur moyenne par 100ml de jus).

Tableau 4 : Teneur moyenne en acides aminés dans le jus (mg/100ml).

Tableau 5 : Composition minérale du jus d'orange (en mg/100ml).

Tableau 6 : La composition et la valeur nutritive de l'Opuntia permettent d'envisager les possibilités d'exploitations intéressantes.

Tableau 7 : Composition minérale de l'Opuntia.

Tableau 8 : Composition en acides aminés.

Tableau 9 : Analyses physico-chimiques du jus d'orange.

Tableau 10 : Les résultats du dosage des caroténoïdes dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Tableau 11 : La concentration des caroténoïdes dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Tableau 12 : Le pourcentage de l'activité antioxydante dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Tableau 13 : Les résultats du dosage des caroténoïdes dans les jus en cocktails.

Tableau 14 : La concentration des caroténoïdes dans les jus en cocktails

Tableau 15 : Le pourcentage de l'activité antioxydante dans les jus en cocktails.

Tableau 16 : Evolution des caroténoïdes (mg/100ml) dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail au cours du traitement thermique à 85°C.

Tableau 17 : Evolution de la concentration des caroténoïdes dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail au cours du traitement thermique à 85°C.

Tableau 18 : Les résultats de l'effet de la température sur l'activité antioxydante dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail en (%).

Tableau 19 : Résultats du contrôle microbiologique du jus d'orange et du jus de cladodes.

Tableau 20 : Résultats du contrôle microbiologique des jus en cocktail.

Liste des figures

Figure 1 : L'appareil utilisé pour l'extraction de jus de cladodes (Photos originale).

Figure 2 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales à partir du jus d'orange.

Figure 3 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales à partir du jus en cocktails (5%, 10% et 20% de jus de cladodes).

Figure 4 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales à partir du jus de cladodes.

Figure 5 : Recherche et dénombrement totaux dans le jus d'orange, les jus en cocktails et le jus de cladodes (Test de présomption).

Figure 6 : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux dans le jus d'orange, les jus en cocktails et le jus de cladodes.

Figure 7 : Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfite-réducteurs.

Figure 8 : Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.

Figure 9 : L'évolution des caroténoïdes au cours du traitement thermique à 85°C dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail.

Figure 10 : L'effet de la température sur l'activité antioxydante dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail.

Introduction

Les recherches dans le domaine agroalimentaire ont abouti à une recette qui permet au consommateur d'avoir à la fois une boisson fraîche, des fruits et en même temps des vitamines ; et au biais de cette recherche le jus a trouvé naissance.

Les jus avec leurs différents goûts et leurs différentes dénominations ont pris une place importante dans le quotidien du consommateur. Donc pour ne pas mettre la vie de ce dernier en danger, le jus doit passer par des contrôles avant qu'il ne lui soit attribué.

L'unité de VITAJUS est l'un des fabricants des jus de fruits ; le jus d'orange est l'un de ses produits.

Ces jus passent par différents contrôles.

C'est dans cette optique que s'inscrit ce modeste travail qui porte sur une boisson à base de jus de cladode et du jus d'orange.

Le jus de cladodes est extrait de figuier de barbarie *Opuntia ficus indica*. C'est une plante xérophyte adaptée aux conditions arides et semi arides grâce à ces tiges et son épais épiderme qui lui permettent de limiter les pertes d'eau car elle emmagasiner une quantité importante d'eau.

Le jus de cladodes apporte-t-il des bienfaits au jus d'orange, améliore-t-il sa qualité en matière d'activité antioxydante ?

Dans ce contexte, notre travail a porté sur :

- ✚ un contrôle physico-chimique et microbiologique au sein du laboratoire d'analyses physico-chimiques de l'unité d'AQUASIM.
- ✚ un dosage des caroténoïdes et de l'activité antioxydante au niveau du laboratoire de méthodes d'analyses physiques.
- ✚ une extraction de jus de cladodes qui a subi les mêmes analyses que le jus d'orange.
- ✚ L'évolution des caroténoïdes et de l'activité antioxydante dans les jus d'orange, jus de cladodes et le jus en cocktail à 20% préparé à partir du jus d'orange et du jus de cladodes au cours du traitement thermique

I/ Les agrumes.

1/ Définition des agrumes

Les agrumes sont des arbres fruitiers des régions chaudes (méditerranéennes et tropicales). Ils produisent des fruits à la peau épaisse gorgée d'huiles essentielles très parfumées. (Anonyme, 2007).

Le mot agrume signifie «acide » vient de l'Italien, qui dérive du mot latin acrumen. En effet les agrumes ont pour la plupart une pulpe acidulée, ou même franchement acide. (Anonyme, 2007).

Le terme agrume correspond à trois genres botaniques : *Citrus*, *Fortonella* et *poncirus*. (LOUSSERT, 1989).

2/ Définition de l'orange

L'orange « *Citrus sinensis* » est l'espèce de *citrus* la plus importante de la famille des rutacées. (BENAICHE, 2001).

Le fruit, de forme sensiblement sphérique ou ovoïde (kumquat), est revêtu d'une peau composée d'une fine pellicule colorée ou « flavedo », et d'une partie interne blanche ou « albédo ». La partie interne du fruit est divisée en tranches revêtues de fine membrane et contenant généralement les pépins. (ESPIARD, 2002).

2.1/ Structure morphologique de l'orange

a/ Ecorce :

Elle constitue la partie non comestible du fruit. Pour les oranges, les mandarines et les clémentines, elle reste peu développée. Elle est formée de l'épicarpe et du mésocarpe interne et externe. A la maturité du fruit, l'épicarpe se colore en orange. (PARALORAN, 1971).

L'épicarpe et le mésocarpe externe constituent le flavedo où sont localisées les glandes oléifères riches en huiles essentielles. (PARALORAN, 1971).

Le mésocarpe interne constitue l'albédo, plus ou moins épais, de coloration blanchâtre et de texture spongieuse. (PARALORAN, 1971).

Le flavedo représente 7 à 9% donc environ 30% du poids de la peau. Il contient de 2 à 5% d'huiles essentielles selon l'état de fraîcheur du fruit. (ESPIARD, 2002).

Les caractéristiques physico-chimiques de l'albédo sont les suivantes (ESPIARD, 2002) :

-Extrait sec total : 20 à 22% dont :	
-Protéines	2,15%
-Lipides	0,35%
-Cellulose	6,10%
-Sucres réducteurs	7,08%
-Sucres non réducteurs	2,32%
-Pectines	1,30%
-Acides (en acides citriques)	0,35%
-Hespéridine	0,15%
-Flavones hydrosolubles	0,30%
-Cendres	0,15%

b/ Pulpe :

Elle représente 50 à 80% du fruit. Elle est formée par l'endocarpe constituée de vésicules qui renferment du jus. Celles-ci sont séparées par des quartiers qui varient de 9 à 11 pour les oranges. (LOUSSERT, 1989).

c/ Pépins :

Ils représentent 0 à 4% du fruit. Les pépins sont dans leur plus grande partie entraînés avec le jus et sont également récupérés au tamisage. Ils peuvent être récupérés par lavage et flottation. (ESPIARD, 2002).

L'intérêt des pépins réside essentiellement dans leur teneur en huiles, d'une grande valeur commerciale. (anonyme, 1981).

3/ Composition chimique de l'orange

3.1/ Eau

L'eau est absorbée à travers les racines et emmagasinée dans les cellules juteuses du fruit. Cette eau contient en dissolution les principaux composants tels que les sucres, les acides et les éléments nutritifs. Le jus d'orange renferme 87,2% d'eau. (GACHOT, 1955).

3.2/ Acides organiques

Les acides organiques représentent 1,02% du poids du fruit. Ils sont représentés par l'acide citrique et l'acide malique en petite quantité ainsi que l'acide tartrique. L'acidité est un facteur majeur pour l'acceptabilité des fruits d'agrumes. Pour l'orange l'acidité a une valeur de 1% et son pH est de 3,5. (KEFFORD *et al.*, 1970).

3.3/ Les glucides

Les sucres constituent l'essentiel du résidu sec des jus d'agrumes. La teneur en sucre peut varier selon la variété de l'orange. Elle est de 8,5% à 12% dans les fruits à maturité. (HULME, 1971).

Le secret d'une bonne orange résulte de l'équilibre entre son acidité et son goût sucré. En effet, au cours de sa maturation, la teneur en glucides s'élève, tandis que celle des acides organiques diminue. C'est la proportion relative entre sucre et acide qui confère au fruit une saveur plus ou moins acidulée. (anonyme, 2002).

3.4/ Substances pectiques

Ce sont des macromolécules constituées essentiellement d'acide galacturonique et de sucres tels que le rhamnose et le galactose. Ces substances sont localisées dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des cellules végétales. (SIMOND, 1980).

Elles sont associées aux autres composés membranaires (cellulose, hémicellulose et lignine), pour jouer le rôle de ciment intercellulaire. (SIMOND, 1980).

La présence des pectines dans les jus, essentiellement les jus d'agrumes, contribue à maintenir en suspension les fines particules qui constituent le trouble du jus. (SIMOND, 1980).

3.5/ Protéines

Elles apportent une petite quantité de protéine, de l'ordre de 0,65%. Ce taux se trouve à 70% sous forme d'acides aminés. (TRESSLER et *al.*, 1971).

3.6/ Sels minéraux

Les éléments minéraux essentiellement absorbés par la plante sont le calcium, le potassium, le magnésium, le sodium et le fer. Le cuivre et le manganèse sont présents à l'état de trace. Les jus d'agrumes contiennent en moyenne 0,4% de cendres. (HULME).

3.7/ Vitamines

C'est au niveau de la peau des fruits que se trouve concentrée une grande partie des vitamines. La vitamine C est la plus représentative. Néanmoins, sa teneur diminue avec la maturité. Elle est de 40,7mg dans 100g de jus d'orange. (HULME, 1971).

Les vitamines hydrosolubles sont également bien représentées. On y trouve aussi toutes les vitamines du groupe B, et de petites quantités de vitamines E (0,24mg pour 100g). (BENAICHE, 2001).

3.8/ Pigments

Ils donnent à la pulpe sa couleur plus ou moins marquée, jaune à orangée pour les flavonoïdes et les caroténoïdes, jaune pour les xanthophylles, rouge ou rouge violacé pour les anthocyanes ou les viola xanthines (abondantes dans les oranges sanguines). (BENAICHE, 2001).

4/ Les avantages de l'orange

La vitamine C stimule les réactions de défense de l'organisme, en activant la formation des anticorps et l'activité phagocytaire des globules blancs. Elle intervient en outre dans la biosynthèse de l'adrénaline et des corticoïdes. Elle joue un rôle important dans la synthèse cellulaire, notamment des tissus conjonctifs, des os et des cartilages, et dans l'absorption du fer. (BENAICHE, 2001).

L'orange est naturellement stimulante pour l'organisme mais pas seulement par son activité vitaminique. En effet, ses acides organiques favorisent les sécrétions digestives et facilitent une bonne assimilation des aliments. L'orange malgré sa saveur acidulée possède une action inverse alcalinisante. En effet, ses acides organiques se combinent dans l'organisme avec les minéraux et libèrent des composés basiques capables de compenser les déchets acidifiants en excès. Elle a donc une action rééquilibrante. (BENAICHE, 2001).

II/Jus d'orange.

1/ Définition d'un jus de fruit

Il s'agit du jus obtenu à partir de fruits par des procédés mécaniques, fermentescibles, mais non fermenté. Les jus possèdent la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques des fruits dont ils proviennent. (VIERLING, 1998).

2/ Définition d'un jus d'orange

Le jus d'orange est défini comme un jus non fermenté, mais fermentescible destiné à la consommation directe. Il est obtenu par un procédé mécanique à partir de l'endocarpe des oranges saines et mûres (*Citrus sinensis*). Il est conservé exclusivement par un procédé physique. Le jus doit être traité à la chaleur afin de réduire substantiellement son activité enzymatique et le nombre de micro-organismes. (anonyme, 1999).

Les caractéristiques physico-chimiques de jus d'orange sont les suivantes :

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des jus.(anonyme, 1999).

Caractéristiques physico-chimiques	Valeur
Indice de réfractométrie	12 à 14%
Densité	1050 à 1060
Teneur en sucres	10 à 120g/l
Acidité (en acide citrique)	13 à 15g/l
Rapport sucres acides	6,5 à 9,5
pH	3,2 à 3,5
Huiles essentielles	0,3 à 0,5ml/l
Teneur en acide ascorbique	50mg par 100g

3/ Composition chimique du jus d'orange

Le jus d'orange est un produit complexe dont les propriétés physiques, chimiques et sensorielles évoluent à travers le processus de fabrication et durant le stockage. Le tableau 2 représente la composition chimique moyenne du jus d'orange.

Selon HENDRIX et REDD (1995), 76% de la matière sèche hydrosoluble du jus d'orange est constitué principalement par des glucides et 21% d'acides organiques, de sels minéraux, de vitamines et de lipides. Les 3% restants sont constitués par un grand nombre de composés divers tels que les flavonoïdes, les composés volatils et les caroténoïdes.

Tableau 2 : Composition chimique du jus d'orange (teneur en g par l de jus d'orange). (HENDRIX et RIDD, 1995).

Constituant	Teneurs
Eau	87 – 92 g/l
Glucides	10 – 12 g/l
Protéines	0,58 – 1,29 g/l
Lipides	0 – 0,56 g/l
Cendres	0,25 – 0,48 g/l
Composées volatils	0,03 – 0,045 g/l
Flavonoïdes	0,08 – 0,11 g/l

3.1/ Eau :

La qualité de l'eau de fabrication des boissons doit présenter les caractéristiques suivantes. (anonyme, 2000).

La dureté totale (TA) :

Elle correspond aux concentrations cumulées des ions métalliques à l'exception des ions alcalins. La dureté est surtout due à la présence d'ions Ca^{+2} , Mg^{+2} (alcalino-terreux) auxquels s'ajoutent parfois les ions Fe^{+2} , Al^{+3} , Mn^{+2} . La dureté totale doit être comprise entre 8°F et 15°F. (anonyme, 2000).

Le fer :

Sa présence dans l'eau de fabrication des boissons entraîne la formation d'un précipité rougeâtre. Une aération et une filtration s'imposent donc pour l'élimination du fer. (anonyme, 2000).

Le chlore :

Il décolore la boisson et altère plus profondément l'arôme avec la formation de chloramine. Il faut donc éliminer le chlore libre de l'eau de fabrication des boissons par filtre à charbon. (anonyme, 2000).

La matière organique :

Elle provoque le développement de micro-organismes ainsi que le colmatage et le moussage qui compliquent la filtration et le soutirage. L'eau de fabrication doit subir une coagulation, une floculation et une filtration pour l'élimination de la matière organique. (anonyme, 2000).

Les particules colloïdales :

Elles provoquent la turbidité. Le diamètre de ces particules est compris entre 0,01 et 150µm. Ces particules sont éliminées par floculation et filtration. (anonyme, 2000).

L'oxygène :

Une eau très riche en O₂ provoque des modifications du goût, de l'arôme et de la couleur ainsi qu'une réduction de la valeur nutritive par la destruction de la vitamine C. (**anonyme, 2000**).

Du point de vue bactériologique la composition de l'eau doit répondre aux normes satisfaisantes d'une eau potable. (**VIERLING, 1998**).

3.2/ Glucides

La teneur en sucre varie entre 8,5 et 12% du jus d'orange. Les glucides sont représentés par le saccharose, le fructose et le glucose. Ce sont des sucres facilement assimilables qui fournissent de l'énergie à l'organisme. (**anonyme, 2004**).

On trouve aussi dans ce groupe chimique des polymères à haut poids moléculaire comme les pectines et les complexes de cellulose et de hémicellulose qui constituent une partie de la pulpe et les fibres du jus. (**KLAVONS et al., 1991 ; RANGANA et al., 1983**).

Le tableau 3 montre la proportion des divers glucides dans le jus d'orange.

Tableau 3 : Composition glucidique du jus d'orange (teneur moyenne par 100ml de jus). (**ARISTORY et al., 1989 ; HENDRIX et REDD, 1995**).

Glucide (g)	Teneur moyenne
Saccharose	3,81
Glucose	2,08
Fructose	2,46
Sucres totaux	9,15
Pectines	0,223

3.3/ Acides organiques

L'acidité du jus d'orange est due principalement aux acides citriques, maliques et à moindre mesure à l'acide succinique. Cette acidité est généralement comprise entre 0,5 et 1,1g d'acide citrique par litre de jus. Elle se traduit par un pH qui se situe entre 3,0 et 3,5. (**NAGY et SHAW, 1990**).

3.4/ Protéines et acides aminés

L'azote organique constitue 0,6 à 1,3% de la matière sèche du jus d'orange. Il fait partie des acides aminés, des protéines à faible poids moléculaire, des nucléotides, des enzymes et des phosphoprotéines. (**ARENA et CAMPISIS, 1998**).

Environ 70% de l'azote organique se trouve dans le jus sous forme d'acides aminés libres. Le reste est réparti entre les petits peptides, les enzymes et les protéines. (**SASS et al., 2002**).

Les acides aminés les plus abondants dans le jus d'orange sont illustrés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Teneur moyenne en acides aminés dans le jus (mg/100ml). (ARENA et COMPISIS, 1998).

Acides aminés	Teneur moyenne
Proline	162
Asparagine	45,70
Arginine	41,40
Acide aspartique	12,80
Sérine	9,11

3.5/ Lipides

Les huiles contenues dans le jus d'orange proviennent principalement du flavedo des oranges. Les lipides proviennent de l'endocarpe des oranges et se trouvent dans le jus à très faibles concentrations. (NAGY et SHAW, 1990).

3.6/ Sels minéraux et oligo-éléments

Leur concentration dans le jus d'orange dépend fondamentalement de l'origine géographique des oranges. (ARENA et COMPISIS, 1998).

Cependant le potassium est le minéral le plus abondant dans ce produit, sa concentration ainsi que celles du sodium, du magnésium et du calcium dépendent de la période de récolte des matières premières. (PARK et al., 1983).

Le tableau 5 représente l'intervalle minéral du jus d'orange (mg/100ml)

Tableau 5 : Composition minérale du jus d'orange (en mg/100ml). (PARK et al., 1983).

Elément	K ⁺	P	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Fe ⁺²	Zn ⁺²	Br ⁺²	Cu ⁺²	S
Teneur	124,5	10,4	8,2	8,7	3,11	0,02	0,10	0,01	0,25
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	246,5	30,9	15,5	15,5	0,25	0,05	0,51	0,04	4,33

Le jus d'orange est une excellente source de vitamine C (39 à 50 mg /100 ml), il se distingue également par un apport non négligeable en carotènes (70 mcg / 100 ml) protecteurs au niveau cellulaire. L'efficacité de ces deux antioxydants est renforcée par la présence de polyphénols (flavonoïdes, anthocyanes), dont certains sont spécifiques : les citroflavonoïdes, qui ont un effet bénéfique sur les petits vaisseaux, dont ils améliorent la résistance. Ces polyphénols, autrefois appelés "facteurs vitaminique P" potentialisent l'action de la vitamine C.

4/ Principaux types de jus d'orange

Les boissons et rafraichissants non fermentés constituent un ensemble très hétérogène d'où les jus de fruits. Ces derniers sont caractérisés par une très grande diversité de part la nature des fruits utilisés (un seul fruit, plusieurs fruits ou autre) mais aussi du procédé de fabrication. **(BANAMARA et AGOUGOU, 2003).**

On peut les classer en :

4.1/ Jus de fruits pur ou 100% jus de fruits

Ce sont des jus obtenus à partir de fruits frais pressés. Ces jus ne sont additionnés ni de colorants ni de conservateurs, aucune adjonction de sucre n'est effectuée. Ils restent riches en vitamine C. **(BANAMARA et AGOUGOU, 2003).**

4.2/ Jus à base de concentré

Ils sont obtenus à partir de jus de fruits dont on a extrait une partie de l'eau (ils peuvent être concentrés de 50 à 70%). Ces jus sont ainsi vendus, et peuvent être surgelés. Au moment de la consommation, il faut les reconstituer avec la même quantité d'eau préalablement retirée. La concentration facilite le stockage et la conservation. Lorsque ces jus sont déjà reconstitués, la mention «à base de concentré» doit figurer sur l'emballage. **(BANAMARA et AGOUGOU, 2003).**

4.3/ Nectars

Les nectars (jus pulpeux) sont obtenus par un mélange, dans un rapport déterminé, de la purée de fruits et de sirop ou de sucre. Ils renferment 25 à 50% de pulpe. **(BANAMARA et AGOUGOU, 2003).**

4.4/ Jus de fruits

Ils sont préparés à partir de 2 à 4 fruits différents avec addition de sirop de sucre à une faible concentration. La masse fruitière compte pour 30-50%. **(BANAMARA et AGOUGOU, 2003).**

4.5/ Jus gazéifiés

Ce sont des jus saturés par le gaz carbonique qui augmente leurs propriétés rafraichissantes. **(BANAMARA et AGOUGOU, 2003).**

5/ Caractéristiques de la qualité d'un jus

La qualité d'un jus de fruits dépend de la qualité des fruits qui dépend elle même de nombreux facteurs :

5.1/ Types de matière première

La matière première joue un rôle fondamental dans la qualité gustative. Celle-ci est malheureusement de plus en plus négligée en faveur d'autres caractères comme la résistance mécanique, la productivité, la forme et la couleur. **(VERET, 2000).**

Pour les oranges, la récolte se fait pour diverses variétés notamment le navel et la valence tardive, afin d'assurer aux usines une campagne aussi longue que possible. (VERET, 2000).

5.2/ Conditions de culture

Les oranges tardives ont la particularité d'être des oranges à jus plutôt coloré . Le sol, l'irrigation et les traitements jouent aussi un rôle très important sur la qualité des fruits. (MULTON, 1994).

5.3/ Etat de maturité

Au moment de la récolte, les fruits doivent être lisses et bien fermes, l'écorce ne doit être ni sèche, ni ridée. La présence d'un pédoncule bien vert dénote la fraîcheur du fruit. (VERET, 2000).

5.4/ Méthode de récolte et de transport

Les agrumes supportent le transport sur une longue distance. Par ailleurs, il est important d'éliminer dès la récolte les fruits endommagés et ceux atteints par les moisissures. (MULTON, 1994).

6/ Qualité alimentaire d'un jus

Les composants de la qualité alimentaire d'un jus d'agrumes sont :

6.1/ Qualité organoleptique

La qualité organoleptique consiste à remplir certains paramètres :

- ✚ La couleur : elle varie du jaune au jaune orangé, et peut parfois manquer de brillance.
- ✚ La saveur : il faut chercher notamment l'arôme et l'absence du goût de cuit et d'oxydation de terpène.
- ✚ L'absence de défaut : lié au soin apporté à la fabrication. Elle se traduit par l'absence de fragment d'écorce, d'albédo, de membrane inter capillaire, de pépins et d'autres matières étrangères. (anonyme, 2002).

6.2/ Qualité nutritionnelle

Le jus d'agrumes est caractérisé par une teneur relativement élevée en sucres facilement assimilables (glucose, fructose, saccharose). Sa valeur nutritionnelle réside surtout dans l'apport important en certains éléments. (anonyme, 2002).

6.3/ La qualité hygiénique

Le jus ne doit comporter aucun élément toxique pour le consommateur. (MULTON, 1994).

6.4/ Qualité technologique ou marchande

La qualité intéresse beaucoup plus l'opérateur industriel que le consommateur. Cet opérateur cherche les matières premières ou des produits intermédiaires. Ces derniers s'adaptent à un processus de fabrication, de conservation, de présentation et d'étiquetage,

ce qui influe sur le rapport qualité-prix, donc la qualité technologique est un ensemble complexe allant de la culture à la distribution du produit fini. (MULTON, 1994 ; VIERLING, 1998).

7/ Altérations du jus

7.1/ Altérations microbiennes

Une altération de la qualité hygiénique met en cause la santé du consommateur. Le produit altéré conduit à des intoxications alimentaires de gravité diverse selon la nature des germes en cause. La forte teneur en acide permet aux levures et aux moisissures de se développer. (GULZY et GUIRAND, 1980).

7.2/ Modifications microbiennes des jus de fruits

L'action microbienne sur les jus est variée. Elle affecte les caractères physico-chimiques, nutritifs et organoleptiques. (GUIRAUD, 2003) :

a/ Modification de l'odeur et du goût :

De nombreux métabolites d'origine microbienne, volatils ou non, sont susceptibles d'engendrer des modifications d'odeur et de goût. Ces altérations primaires apparaissent à partir d'une population microbienne de l'ordre 10^{+6} à 10^{+7} germes/g. (GUIRAUD, 1998).

b/ Modification de l'aspect :

Ces modifications apparaissent dans la plupart des cas, plus tardivement car elles supposent une prolifération abondante :

- ✚ Apparition d'une opalescence ou d'un trouble dans les boissons limpides (levures dans les boissons à base d'extrait, levures ou bactéries lactiques dans les boissons ou jus de fruits).
- ✚ Formation d'un anneau surtout dans les sirops (levures osmotolérantes).
- ✚ Apparition d'un dépôt (levures).
- ✚ Augmentation de la viscosité ou la gélification (bactéries lactiques).
- ✚ Diminution du trouble dans les boissons naturellement troubles (organismes pectinolytiques).
- ✚ Décoloration des boissons aux colorants naturels (levures ou bactéries). (GUIRAUD, 1998).

c/ Augmentation de la pression dans les récipients :

Elle a différentes conséquences tel que le bombage du contenant non rigide, l'éclatement dû aux levures fermentantes et parfois aux bactéries lactiques hétéro fermentaires. (BOURGEOIS et al., 1996).

7.3/ Altérations physico-chimiques

a/ Dégradation de la vitamine C :

La dégradation de la vitamine C dans le fruit est le résultat d'un processus technologique mal conduit, de l'emballage utilisé et des conditions de stockage.

Les produits de dégradation de la vitamine C sont considérés comme composés responsables de la détérioration de la flaveur et de la couleur des boissons fruitées, en raison de leur participation aux différentes réactions du brunissement non enzymatiques. **(KOCEM et al., 1987 ; LEE et NAGY, 1988).**

✚ L'oxygène :

Selon **ROBERTSON et al.,(1986)** la dégradation de l'acide ascorbique est proportionnelle à la consommation initiale en oxygène dans les jus d'agrumes. **JOHNSON et TOLEDO (1975)**, ont conclu que la présence d'oxygène dans l'espace libre des boîtes de concentré d'orange, conduit à un brunissement enzymatique et une dégradation très rapide de l'acide ascorbique. Ces phénomènes peuvent être ralentis par la réduction du volume de l'espace libre.

✚ La température :

Selon la durée de stockage la température est responsable de l'altération de la vitamine C. **(NAGY, 1980).**

✚ La lumière :

La lumière en présence d'oxygène qui subsiste dans le jus et dans l'espace libre, accélère l'oxydation de l'acide ascorbique. **(ROBERTSON et SIBLEY, 1974).**

La vitamine C est peu photosensible par rapport à d'autres vitamines comme la riboflavine (B₂). **(LEROUX et al., 1999).**

✚ Les enzymes :

Les enzymes responsables de la destruction de la vitamine C sont l'acide ascorbique oxydase, la peroxydase, le cytochrome oxydase et le phénolate. **(HARRIS et KARMAS, 1975).**

Cependant, durant la fabrication du jus, les pertes de la vitamine C dues à ces enzymes sont très réduites. **(NAGY et al., 1977).**

✚ Le pH :

L'acide ascorbique est plus stable en milieu acide qu'en milieu alcalin. **(CHEFTEL et al., 1977).**

✚ Les sels minéraux :

Plusieurs chercheurs ont montré que la dégradation de l'acide ascorbique est accélérée par la présence de catalyseurs métalliques tels que le fer et le cuivre, même lorsqu'ils sont présents à l'état de trace. **(CHEFTEL et CHEFTEL, 1976).**

III/l'Opuntia.

1/ Présentation et répartition

Le nom scientifique est *Opuntia ficus-indica* appelé ,figuier de barbarie et aussi nopal , c'est une plante de la famille de *Cactaceae*, originaire du Mexique. A la fin du XIV^{ème} siècle, elle fut ramenée par Christophe Colomb après sa première expédition en 1493. En peu de temps elle se propage dans toute l'Espagne (**LEHOUROU, 1996**).

Elle fut ensuite propagée dans le Nord et le Sud de l'Afrique puis dans tout le bassin méditerranéen vers le XVI^{ème} siècle. A cette époque les navigateurs consommaient les jeunes raquettes riches en vitamine C pour se préserver du scorbut . (**KADIK, 1974**).

Le figuier de barbarie est présent en général dans la région tropicale et subtropicale à faible pluviométrie de par ses capacités d'emmagasiner des réserves d'eau (**ROSE, 1958**).

Tous les Opuntias sont originaires d'Amérique et sont notamment issus du Sud des Etats-Unis et du Mexique. Ils ont été depuis la découverte du nouveau monde, introduits dans les régions subtropicales tempérées chaudes du bassin méditerranéen, en Afrique du Sud, au Madagascar, en Inde et en Australie (**KHOURI, 1970**).

2/ Biologie de l'Opuntia

2.1/ Systématique

Les Opuntias sont des angiospermes de l'ordre d'Opuntiales ou Cactales de famille de *Cactaceae* regroupant 1600 espèces dont 180 du genre d'Opuntia (**KAANAN, 2000**).

Il existe deux variétés inermes et épineuses. Aucun cactus inerme n'est toute fois entièrement dépourvu d'épines (**MOUJOUZE et LEHOUROU, 1966**).

Règne : Plantae.

Sous règne : Tracheobionta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous classe : Caryophyllidae.

Ordre : Caryophyllales.

Famille : Cactaceae.

Espèce : ficus-indica.

Variété : inermis.

2.2/ Morphologie et structure

C'est une plante qui peut atteindre de 3 à 5 mètres de haut. Les cladodes, organes volumineux sont des tiges épineuses ou non, les feuilles sont presque absentes ou présentes sous forme d'épines. Les tiges (ou cladodes) sont habituellement charnues et adaptées au stockage de l'eau. Les racines forment des réseaux du sol. La fleur est grande et belle, et hermaphrodite. Les sépales sont brillants de couleur jaune, orange ou rougeâtre (**YOUSFI, 2000**).

a/ Les cladodes :

Elles sont couramment appelées raquettes. Les cladodes sont des tiges modifiées de forme aplatie, de 30 à 40 cm de longueur sur 15 à 20 cm de largeur et de 1,5 à 3 cm d'épaisseur. Unies les unes aux autres, elles tendent à former des branches. Celles de la base se lignifient pour former au-delà de la quatrième année de la croissance un véritable tronc, les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne à la place des feuilles. La raquette porte des petites épines aisément détachables et fragiles chez les variétés inermes. Les cladodes sont capables d'emmagasiner grâce à leur tissu parenchymateux des quantités d'eaux pouvant atteindre 82% de leur poids (MAHMOUDI, 2000).

b/ Les fleurs :

Les fleurs de l'Opuntia ficus indica sont hermaphrodites généralement grandes avec un style unique à stigmate digité, entourées d'un nombre défini de sépales, indéfini de pétales, de couleur brillante, jaune ou orange et parfois rose (Kartez,1996). Ces fleurs sont disposées sur les côtes dorsales, et ventrales et en périphérie de la raquette, elles s'ouvrent au maximum la nuit lorsque la température est clémente. La période de floraison débute au printemps et se termine en été (Kenny, 1997).

c/ Les fruits :

Le fruit est une baie avec une peau épaisse renfermant une pulpe . (Nobel et al., 1987 ; Kuti , 1992 ; Barbara, 1995 ; Mizhari et al ., 1997).

Ces fruits sont sucrés, succulents peu acides et riches en sucres et en vitamine C , ils sont caractérisés par rapport à d'autres fruits par un Ph élevé ,et sont consommés frais ou transformés en jus ou en confitures (Barbara et al., 1992 ; Joubert, 1993).

Les figues de barbarie présentent un intérêt nutritionnel intéressant.

Leur consommation apporte des quantités non négligeables en nutriments de base et en minéraux (Yousfi, 2000).

d/ Système racinaire :

L'opuntia se caractérise par un système racinaire superficiel, peu profond, horizontal et très complexe. Il est fasciculé et particulièrement dense et se reproduit chaque année. Les racines d'Opuntia diffèrent de celles des autres plantes en développant des caractéristiques de xeromorphie ; ce qui donne à la plante la capacité de survivre durant les périodes de sécheresses prolongées.

Ainsi les racines contribuent à la résistance à la sécheresse selon trois voies :

- ✚ Par restriction de la surface des racines en diminuant leur perméabilité à l'eau.
- ✚ Par une absorption rapide de faibles quantités d'eau provenant de la rosée du matin à partir des « racines plie » qui ont la possibilité de se développer juste après une averse et de disparaître par la suite.
- ✚ Par diminution de la transpiration en raison du haut potentiel négative des racines (Barbera, 1995).

3/ Composition et valeur nutritive de l'Opuntia

Tableau 6 : La composition et la valeur nutritive de l'Opuntia permettent d'envisager les possibilités d'exploitations intéressantes.

Constituants	Teneur
Humidité %	85,1
Matière sèche soluble %	13,2
Sucre réducteur %	6,6
Sucre non réducteur %	-
Glucose %	6,5
Fructose %	0,6
Protéines %	0,8
Matière grasse %	0,7
Fibres %	0,1
pH %	5,8
Acidité titrable %	0,05
Acide citrique mg/100g	61,0
Acide Malique mg/100g	23,3
Acide quinique mg/100g	19,1
Acide shikimique mg/100g	2,8
Acide ascorbique mg/100g	25,0
Cendres %	0,4
Na mg/100g	1,1
Ca mg/100g	90,0
K mg/100g	98,4
Mg mg/100g	28,2
P mg/100g	-

3.1/ Les composants

Les raquettes et les fruits d'Opuntia sont connus comme une source d'un nombre varié de composés nutritionnels. Leurs concentrations étant dépendantes à la fois du site de la culture, du climat et des variétés du fruit (C Sáenz, 1995).

Le figuier de Barbarie présente une teneur en acide ascorbique de 20 à 40 mg/100 g de poids frais, et une acidité titrable de 0,03 à 0,12% avec un pH de valeurs allant de 5,0 à 6,6. Sa teneur en matières solides solubles de 12 -17% est supérieure à celle présente dans d'autres fruits comme les prunes, abricots et pêches (Sepulveda E et al, 1990). En général, les raquettes sont riches en pectine, mucilage et minéraux, alors que les fruits présentent une bonne source de vitamines, acides aminés et bêtaïnes. L'endosperme de la graine renferme des polysaccharides riches en arabinane, la composante du tégument principale était D-xylane. En plus des lipides, les graines accumulent des proanthocyanidines.

Les fleurs accumulent des bêtaïnes et des composés phénoliques incolores. (Shabir M et al, 1968).

a/ Eau et matière sèche :

L'eau est le constituant majeur de tous les tissus végétaux, elle joue un rôle très important dans les échanges cellulaires et les autres phénomènes vitaux, elle est considérée comme catalyseur de nombreuses réactions chimiques.

L'*Opuntia* est une plante connue par sa richesse en eau, avec un taux d'humidité très élevé (plus de 82%), ce qui en fait une source importante d'eau pour les animaux (Flachowski et Yami, 1985).

Par ailleurs, la richesse des raquettes de l'*Opuntia ficus indica* en eau est d'environ 85-90% (Felker (1995).

Cette teneur en eau dépend des facteurs externes et au stade végétatif, elle diminue notamment lorsque l'intensité lumineuse et les températures sont élevées, elle varie aussi selon la période de la récolte.

b/ Matières minérales :

Raquettes :

Les raquettes sont caractérisées par une teneur élevée en acide malique oscillant, due à un rythme diurne. La teneur en acides organiques et minéraux des plaquettes cactus a été revue récemment. (Stintzing F.C et al , 2005).

Fruits :

Sur la base de différentes études sur la composition d'*Opuntia*, la pulpe du fruit est considérée comme une bonne source de minéraux (tableau 7), en particulier le calcium, le potassium et le magnésium. Les graines sont riches en minéraux et en acides aminés soufrés.

La teneur relativement élevée en sucre et la faible acidité rendent les fruits délicieux, doux mais parfois donnent un goût fade. Le sucre dans la pulpe du fruit est très simple et se compose de glucose et de fructose en quantités pratiquement égales, tandis que l'acide organique est dominé par l'acide citrique. En raison de la teneur élevée de l'eau du fruit, une valeur calorique totale de 50kcal/100 g est atteinte, ce qui est comparable à celle des autres fruits comme les poires, les abricots et les oranges. Les concentrations élevées de glucose dans les fruits de cactus, directement absorbées, représentent une source d'énergie immédiatement disponible pour le cerveau et les cellules nerveuses, alors que le fructose est plus doux et peut améliorer la saveur du fruit. (Kuti J.O, 1994).

Tableau 7 : Composition minérale de l'*Opuntia*.(Bensalem et al., 1995).

Constituants	Poids de cladodes (g/100g)
Calcium (Ca)	5,64
Magnésium (Mg)	0,19
Potassium (K)	2,35
Phosphore (Po ₄)	0,15
Sodium (Na)	0,4
Fer (Fe)	0,14 µg (trace)

c/ Acides aminés, vitamines et carotènes :

Raquettes :

Les jeunes tiges fraîches sont une source de protéines comprenant des acides aminés et des vitamines. (Teles F., J, 1984)

Fruits :

Différents acides aminés sont également présents dans les fruits de cactus.

La graisse soluble, la vitamine E outocophérols et bêta-carotène se trouvent dans la fraction lipidique à la fois de la graine de fruit de cactus et de la pulpe.

Les carotènes et la vitamine E improvisent la stabilité du gras d'huile à travers leurs propriétés antioxydantes.

L'acide ascorbique est souvent traité comme vitamine C qui est la troisième vitamine majeure dans les figues de barbarie.

Il est important de noter que la teneur totale en vitamine C des fruits de cactus pourrait être sous-estimée en raison de la présence d'acide déshydroascorbique qui n'a pas été considéré jusqu'ici. Enfin, seulement des traces de vitamine B1, vitamine B6, niacine, riboflavine, l'acide pantothénique ont été rapportés.

L'enquête phytochimique d'Opuntia a révélé un grand nombre d'acides aminés, dont huit sont essentiels. Les fruits de cactus contiennent des niveaux élevés d'acides aminés, notamment la proline, la sérine et la taurine, tandis que les graines sont riches en protéines. (Uchoa A.F et al, 1998).

d/ Matières azotées totales :

Les raquettes de cactus inermes sont généralement pauvres en matières azotées totales, leur teneur moyenne est de 2 à 4,6% de la matière sèche (Nafzaoui et Chehrmitti, 1991), elle peut atteindre jusqu'à 10,5% (Barbara, 1995).

Nafzaoui et Ben Salem (1996), ont signalés dans leurs travaux que la teneur en protéines serait beaucoup plus déséquilibrée sur un sol pauvre que dans des bonnes terres ou celles ayant reçu une fumure.

En plus la composition des jeunes raquettes en acides aminés libres présente une valeur biologique de 72 en comparant à l'œuf 100 (Feitosa-Teles et al, 1984).

Tableau 8 : Composition en acides aminés. (Stinzing et al., 2005).

Acides aminés	Poids à l'état frais des cladodes (g/100g)
Arginine	2,4
Acide glutamique	2,6
Glutamine	17,3
Lysine	2,5
Sérine	3,2
Valine	3,7

e/ Fibres alimentaires :

La catégorie des fibres alimentaires s'est longtemps limitée aux parois végétales (sons), puis s'est élargie à d'autres composés comme les gommés. Aujourd'hui, on s'accorde à considérer comme « fibres » les composés qui ne sont pas dégradés par les enzymes propres de l'homme, c'est-à-dire qui passent par l'estomac et l'intestin grêle sans être digérés.

Les fibres alimentaires regroupent ainsi des composés de nature hétérogène tels que les pectines, les celluloses, les amidons résistants ou encore la lignine.

Il faut distinguer deux catégories de fibres en fonction de leur comportement dans l'eau :

- ✚ Fibres solubles : mucilage, gomme, pectine.
- ✚ Fibres insolubles : cellulose, hémicellulose, lignine
(**Jacototet Campillo, 2003**).

La teneur du cactus en cellulose brute varie de 9,42 à 12% de la matière sèche, elle augmente de façon importante avec l'âge des raquettes et selon les facteurs agro climatiques, en particulier les températures élevées (**Nefzaoui et Ben salem, 1995**).

f/ Glucides :

Le cactus est riche en glucides solubles qui constituent la fraction essentielle .

Selon les études effectuées ,le cactus est très riche en glucose et en fructose ,il contient peu de saccharose. Il existe d'autres sucres mais en faible proportion variable en fonction de la variété et du stade de croissance.

g/ Mucilage :

Il forme des masses gélatineuses ou des solutions colloïdales (**BARBARA, 1995**).

Il est composé de polysaccharides complexes et des divers métabolites secondaires, sa teneur varie avec l'âge des cladodes ,qui peut aller de 58,11% chez les cladodes d'un an jusqu'à 64,47% chez les cladodes de deux ans (**TRANCHTENBERG et MAYER, 1982**).

h/ Polyphénols :

Les polyphénols constituent une famille de molécule organique largement présente dans le règne végétale. Ils sont caractérisés par plusieurs groupements phénoliques avec structure plus ou moins complexe de haut poids moléculaire. Ces produits sont les métabolites secondaires des plantes, les molécules comportent au moins un cycle benzénique et des groupements hydroxyles. C'est parce que ces groupements hydroxyles se lient aux protéines salivaires que les phénols donnent l'impression de bouche sèche. Les phénols ont des effets bénéfiques sur la santé. En effet, leur rôle antioxydant naturel suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer ,et aide à lutter contre la formation des radicaux libres, responsables du vieillissement cellulaire ; ils influent sur les maladies inflammatoires et cardiovasculaires. Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire (**REBIHA .K, 2006**).

Il est évident que ces composés sont des antioxydants plus efficaces que les vitamines depuis qu'ils sont capables de retarder les effets prooxydatifs sur les protéines, les lipides et l'ADN par la génération des radicaux stables. En outre, il a été montré que les composés polyphénoliques d'*Opuntia ficus indica* induisent une hyperpolarisation de la membrane plasmique . (**Cieslik E et al, 2006**).

i/ Les vitamines :

Le cactus est riche en vitamine C qui est essentielle pour la synthèse et le métabolisme des collagènes. C'est une protéine structurale de nombreux tissus et qui joue un rôle important dans la formation des os et des dents.

L'*Opuntia* présente une teneur importante de la vitamine C (10 à 15 mg/ 100 ml) notamment chez les jeunes cladodes (**Kadik, 1974**).

La vitamine C ou acide ascorbique est l'antioxydant hydrosoluble majeur. Elle permet la régénération de la vitamine E et du glutathion nécessaire à la glutathion-peroxydase.

Enfin, quand elle a joué son rôle, elle est éliminée par le rein. Mais l'acide ascorbique joue bien d'autres rôles que celui d'antioxydant. Sur le plan biochimique, il est nécessaire aux réactions d'hydroxylation au cours de la synthèse du collagène, des catécholamines, du cortisol, de la carnitine et des acides biliaires (**Michel, 1998**).

Elle réduit les réactions allergiques notamment en favorisant la dégradation et l'élimination de l'histamine. Elle possède un effet anti-inflammatoire et stimule l'immunité. C'est un protecteur cardiovasculaire qui participe à la fibrinolyse, inhibe l'agrégation plaquettaire, améliore la vasodilatation et favorise un taux bas de cholestérol.

Elle possède un effet antalgique sur les douleurs musculaires et permet de réduire la consommation d'oxygène pour un même effort. Elle facilite l'absorption du fer non héminique et mobilise le fer d'un compartiment à l'autre. Elle inhibe la transformation des nitrites en nitrosamines cancérigènes, limite l'absorption des métaux lourds excepté l'aluminium et favorise leur élimination (**Curaty et Robin, 2000**).

j/ Lipides:

Plusieurs auteurs ont suggéré que le figuier est comme une nouvelle source d'huiles de fruits. La pulpe du fruit fournit environ 8, 70 g de lipides / kg de poids sec total de pulpe tandis que les graines donnent 98,8 g de lipides totaux/ kg.

En outre, il a été démontré que l'huile de graines contient une quantité significative de lipide neutre (87,0% des lipides totaux), tandis que les lipides polaires sont au plus haut niveau dans l'huile de pulpe (52,9% des lipides totaux).

Les deux huiles sont une source riche d'acides gras essentiels et de stérols. L'acide linoléique, le bêta-sitostérol et le campesterol (90% des stérols totaux), sont les principaux constituants de l'acide gras et les fractions de stérol, respectivement.

Enfin, la fraction de pelage contient 36,8 g de lipides par kg. Il est important de se rappeler que les vitamines liposolubles telles que l'alpha-, bêta-, delta- et gamma-tocophérols, la vitamine K1 et le bêta-carotène sont associés aux graines de fruits du cactus et d'huiles de pulpe et permettront de prévenir les fractions lipidiques contre les dommages oxydatifs.

La composition en acides gras d'huile de grain du figuier de barbarie est similaire à celle des huiles de grains de tournesol et de raisin. Néanmoins, les niveaux des lipides totaux, des stérols et des vitamines liposolubles peuvent dépendre de la variété des fruits, du degré de maturité et de la transformation des fruits et / ou des conditions de stockage. (**Ramadan M.F et al, 2003**).

l/ Les pigments :

-Les caroténoïdes : ce sont des pigments rouges ou jaunes, ces pigments sont appelés aussi pigments photosynthétiques accessoires jouant un rôle important au niveau du tissu végétal, plus particulièrement lors de la photosynthèse (**Haard, 1988**).

Ce sont des composés isopréniques d'origine végétale. Environ 600 espèces chimiques ont été identifiées à ce jour dont 40 sont couramment consommées et 20 sont présents dans le sang et les tissus de l'homme (**Lecerf, 1999**).

Les caroténoïdes sont liposolubles ,ce qui favorise leur intégration direct dans certaines membranes (**Ourisson et al, 1987**).Ils comprennent les carotènes qui sont des hydrocarbures, les xanthophylles comportant des fonctions oxygénées et des produits divers.

Dans les plantes, les caroténoïdes ont plusieurs fonctions :

- ✚ Participation accessoire à la phase claire de la photosynthèse par capture de l'énergie solaire à des longueurs d'ondes différentes de la chlorophylle et transmission de cette énergie aux molécules de chlorophylle.
- ✚ Protection de la chlorophylle contre la photo- oxydation (antioxydant).
- ✚ Attraction des animaux par coloration des fleurs et des fruits en vue de la pollinisation et la dispersion des graines (**Hadhili, 2009**).

Dans les industries agro-alimentaires ces composés sont utilisés pour leurs propriétés colorantes, et aussi pour leurs propriétés antioxydantes (**Kukuk,1997**).

-Les chlorophylles :ce sont des pigments liposolubles, responsables de la coloration verte des végétaux (**Cheftel, 1997**).

Pour les cactus, la photosynthèse est majoritairement réalisée par les raquettes, grâce à la présence des chlorophylles dans leurs tissus (**Maziliak, 1981**).

3.2/ Valeur nutritionnelle dans l'alimentation humaine

Chez les cladodes :

De nombreux travaux ont montré leur pauvreté en protéine et lipide, un rapport Ca/P trop élevé. Ils ont aussi mis en évidence leur richesse en glucides (glucose, fructose et très peu de saccharose), en eau, en vitamine tels que vitamine A, B et C, en fer et en pectine.

Les cladodes sont utilisées notamment au Mexique pour la fabrication de shampooings, des assouplissants des cheveux, des crèmes et des laits hydratants pour le visage. (**REBIHA. K, 2006**).

a/ Domaines d'utilisation :

-Utilisation alimentaire :

Les jeunes cladodes sont utilisées pour fabriquer de nombreux produits. Au chili et au Mexique, elles sont utilisées pour la préparation des confitures, marmelades, harinas (poudre de cladodes des), et également sont intégrées dans la préparation des plats que : Salmuera, Escabèche, Salsa (**Saenz et al., 2006**).

Leurs mucilages qui constituent un apport de fibres ont des propriétés gélifiantes (**Trachetenberg et Mayer, 1982**).

Le jus issu des Nopalitos (cladodes) fait l'objet d'un intérêt croissant au Sud des états unis (Texas) et au Mexique, pour la préparation des boissons (**Rodriguez, 1999**).

- Utilisation fourragère :

Les raquettes de cactus sont riches en eau 85-90 % et en glucides solubles ; la matière minérale représente 20% de matière sèche. Par contre, la teneur en azote est faible : 2 à 4,6% de MS. La cellulose brute représente 8 à 15% de MS (**Nefzaoui, 1996**).

C'est pour cette raison que le cactus est cultivé comme espèce fourragère dans plusieurs pays, dans le but d'assurer un stock alimentaire pour le bétail en cas d'une situation critique de sécheresse (**Pimienta Barrios, 1993**).

Par sa composition riche, le cactus assure la vie des animaux sans apport d'eau pendant très longtemps (**Curasson, 1952**).

Des cladodes de cactus sont intensivement employées sous des sécheresses extrêmes dans des régions arides et semi arides de la Tunisie en tant qu'aliments et ressources d'eau peu coûteux pour le bétail (**Ben Salem et al, 1996**)

Selon **Russel et Felker (1987)**, la consommation des raquettes du cactus améliore la saveur du lait et aussi la couleur du beurre.

-Utilisation médicinales :

L'usage médicinal des Opuntias concerne les différentes parties de la plante. Les fruits sont connus partout au Maroc pour leur effet sur les coliques et les diarrhées, mais ils provoquent une constipation opiniâtre chez les personnes qui en consomment beaucoup.

En Australie et en Afrique du Sud, ils sont utilisés pour leur effet hypoglycémique, car la consommation contribuera à l'amélioration du contrôle du taux de sucre dans le sang et augmente la sécrétion de l'insuline chez les personnes diabétiques pour le traitement des diabètes non dépendant de l'insuline. D'autre part l'alimentation à base de raquettes diminue le niveau de gras (lipide) dans le sang grâce aux matières pectiques considérées parmi les fibres nutritionnelles utiles pour la santé. (**BARBARA, 1995**).

-Objectif

Notre étude consiste à connaître les qualités physico-chimiques et microbiologiques des jus d'orange, de cladodes et en cocktail et d'en déterminer les différentes proportions des composants bioactifs durant le traitement thermique ainsi que l'effet du jus de cladodes sur le jus d'orange.

Les différents tests ont été réalisés au niveau des laboratoires de la société de « VITAJUS », au niveau des laboratoires du département de chimie et de chimie industrielle de l'université de SAAD DAHLEB de BLIDA et au sein des laboratoires de « AQUASIM », Mouzaia.

1/ Matériels

a/ Matériel non biologique :

-  **Verrerie et appareillages**
-  **Milieux de culture**
-  **Réactifs**

b/ Matériel biologique :

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est représenté par les raquettes de l'*Opuntia ficus-indica* variété inerme, qui ont été récoltées au piment Nord de Bouarfa qui est située 3Km à l'Ouest de Blida à une altitude de 203 m.

Cette région est caractérisée par un sol de nature schisteux constitué essentiellement de Schiste, quartz, calcaire et grès blanc légèrement verdâtre. Le climat caractérisant de cette région est le climat méditerranéen où la pluviométrie annuelle est de 500 mm, la température moyenne est de 22 à 24°C (elle atteint 26 à 33°C pour les mois les plus chauds, et 0 à 7°C pour les mois les plus froids).




Notre étude a porté sur les jeunes cladodes récoltés durant le mois de Mai d'une façon aléatoire.

-Préparation des échantillons

➤ Les jeunes cladodes

Les jeunes cladodes sont récoltés durant le mois de Mai, leur poids est compris entre 80 et 120g.

Nous avons fait 3 prélèvements :

-  Le premier prélèvement : le 2 Mai ;
-  Le deuxième prélèvement : le 6 Mai ;
-  Le troisième prélèvement : le 10 Mai

-Traitements préliminaires des cladodes :

Nettoyage et lavage : les cladodes sont soigneusement lavées par une eau propre et l'eau de javel afin d'éliminer les impuretés (poussières, insectes) et d'éventuelles contaminations bactériennes.

Découpage : après lavages les cladodes sont découpées en petits morceaux (cubes) pour faciliter l'extraction de jus.

➤ **Jus frais de cladodes**

Le jus frais de cladodes est obtenu par extraction à l'aide d'une centrifugeuse ménagère. Le jus extrait a subi ensuite une filtration accélérée par une pompe sous vide. Le jus récupéré a été conservé au réfrigérateur à une température de + 4°C utilisation ultérieure.



Figure 1 : L'appareil utilisé pour l'extraction de jus de cladodes (Photos originale)

➤ **Jus d'orange**

Le jus d'orange utilisé dans notre expérimentation est celui de Vita jus. Le jus est composé de :

- ✚ Le concentré de jus d'orange
- ✚ La pulpe d'orange
- ✚ Le sucre
- ✚ L'eau
- ✚ La vitamine C
- ✚ D'autres additifs (acide citrique (E330), stabilisant (E412), arômes).

➤ **Jus en cocktail**

Le jus en cocktail est préparé à partir du jus d'orange auquel nous avons ajouté successivement, 5%, puis 10% et enfin 20% de jus de cladodes.

La préparation des jus en cocktail à base de jus d'orange et de jus de cladodes s'est faite comme suit :

- ✚ Cocktail à 5% : il s'agit de mettre dans une fiole de 100 ml, 5 ml de jus de cladodes, puis de compléter jusqu'au trait-repère avec du jus frais d'orange.

- ✚ Cocktail à 10% : mettre 10 ml de jus de cladodes dans une fiole de 100 ml puis compléter jusqu'au trait repère avec du jus d'orange.
- ✚ Cocktail à 20% : mettre 20 ml de jus de cladodes dans une fiole de 100 ml puis compléter jusqu'au trait repère avec du jus d'orange.

Ces proportions de jus de cladodes ayant été retenues par référence aux travaux de **Hadj Sadok.T, 2010**.

2/ Méthodes d'analyse

Les analyses physico-chimiques (pH, Brix, l'acidité titrable), et la préparation des jus en cocktail ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'unité d'AQUASIM de Mouzaia.

L'extraction du jus de cladodes a été réalisée dans le laboratoire d'Amélioration des plantes, département d'Agronomie, Université SAAD DAHLEB, Blida.

La filtration du jus de cladodes a été établie au niveau du laboratoire d'Electrochimie et corrosion, département de Chimie Industrielle, Faculté des sciences, Université SADD DAHLEB, Blida.

Le contrôle microbiologique a été effectué au sein du laboratoire de microbiologie, de l'Unité AQUASIM, Mouzaia.

Le dosage des caroténoïdes, des polyphénols totaux et de l'activité antioxydante a été établi au niveau du laboratoire de méthodes d'analyses physiques, département de Chimie industrielle, Faculté des Sciences, Université SAAD DAHLEB, Blida.

Toutes les analyses physico-chimiques et biochimiques ont été réalisées en trois répétitions.

2.1/ Analyses physico-chimiques

a/ Détermination du pH

Le pH correspond au logarithme négatif de la concentration en ions H⁺ ; c'est la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongés dans le produit. Le potentiel d'hydrogène est déterminé selon la méthode de référence (**NF V 05-108**).

✚ **Principe**

La détermination du pH par la méthode potentiométrique est réalisée grâce un pH-mètre.

✚ **Mode opératoire**

-Jus d'orange :

- Etalonner le pH-mètre, en utilisant des solutions tampons.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée avant chaque mesure, puis la sécher à l'aide d'un papier.
- Prélever comme prise d'essai un volume V du jus d'orange suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode, noter ensuite la valeur du pH affichée sur le pH-mètre.

-Jus en cocktail : le même protocole expérimental a été effectué.

-Jus de cladodes : le même protocole expérimental a été effectué.

b/ Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est déterminée par la méthode de référence (NF V05-101 de janvier 1975).

Principe

L'acidité titrable mesure la quantité de l'acide malique présent dans un produit alimentaire par titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de sodium (NAOH) en présence de phénol phtaléine comme indicateur.

Mode opératoire

- Préparation

-Jus d'orange :

- Prélever 10 ml du jus d'orange et les verser dans une fiole jaugée de 100 ml, puis compléter jusqu'au trait de repère avec de l'eau distillée.

- Procédure

- Prélever à l'aide d'une pipette 10 ml de jus d'orange et le verser dans un bécher.
- Ajouter deux gouttes de phénol phtaléine.
- Verser à l'aide de la burette la solution de NAOH tout en agitant jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante.

-Jus en cocktail : le même protocole expérimental a été effectué.

-Jus de cladodes : le même protocole expérimental a été effectué.

Expression des résultats

L'acidité titrable, exprimée en gramme d'acide citrique monohydraté pour 100 ml ou 100 mg de produit, est obtenue en tenant compte de la dilution opérée et est égale à :

$$\text{Acidité titrable} = V \times 0,7$$

V : est le volume, en millilitres, de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N utilisé.

0,7 (0,07 × 10) : est le facteur de conservation de l'acide citrique monohydraté.

c/ Détermination du degré Brix (ISO 2173)

L'extrait soluble est déterminé par réfractomètre. La concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit à analyser dans des conditions déterminées de préparation et de température, est exprimée en % de masse (g/100 g) ou degrés de Brix.

Principe

Il consiste à mesurer l'indice de réfraction de l'échantillon préparé à une température de 20°C.

Mode opératoire

-Jus d'orange :

- Nettoyer et sécher le prisme en utilisant de l'eau distillée et du tissu doux.

- Appliquer une goutte du jus d'orange préalablement homogénéisé, sur la surface du prisme, puis rabattre le deuxième prisme sur le premier ce qui permet d'obtenir une couche uniforme du liquide.
- En dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, nous verrons l'apparition sur l'échelle de deux zones ; la limite entre les deux zones indique la grandeur de la réfraction.

-Jus en cocktail : le même protocole expérimental a été effectué.

-Jus de cladodes : le même protocole expérimental a été effectué.

✚ Expression des résultats

1°B = 1g de sucres dans 100 g de solution.

2.2/ Dosage

a/ Dosage des caroténoïdes

✚ Principe

La teneur en caroténoïdes a été déterminée par la méthode décrite par **Rodriguez-Amaya (1999)**, après extraction à l'aide d'un mélange d'hexane, d'acétone et d'éthanol. Ce pigment se trouve dissout dans la partie d'hexane, qui sera récupérée pour déterminer sa concentration.

✚ Mode opératoire

0,2 g de jus d'orange est extrait au moyen de 10 ml d'hexane/ d'acétone/ et d'éthanol (50/25/25, v/v) avant d'être centrifugé à 6000 tours/mn pendant 5mn à 5°C. La couche supérieure d'hexane, contenant la couleur, a été récupérée dans un ballon de 25 ml puis ajustée jusqu'au trait repère avec de l'hexane. La détermination de caroténoïde a été effectuée sur une partie aliquote d'extrait d'hexane en mesurant l'absorbance à 450nm.

✚ Expression des résultats

Les caroténoïdes totaux sont calculés en utilisant un coefficient d'extinction de β -carotène, selon la réaction suivante :

$$[C] = D.O \times \epsilon^{1\% (\beta\text{-carotène})} \times l$$

Sachant que:

D.O: Densité optique de l'échantillon analysé.

$\epsilon^{1\% (\beta\text{-carotène})} = 2505$ (coefficient d'extinction molaire).

l : Epaisseur de la cuve (1cm).

b/Dosage de l'activité anti-oxydante

L'activité anti-oxydante est déterminée par la méthode de **Jao et Ko, 2002**.

- ✚ **Principe** : le principe est basé sur la capacité de réduction de DPPH, des radicaux ont été déterminés par la diminution de son absorbance à 517 nm.

🚧 Préparation de la solution de DPPH

Prendre 0,001 g de DPPH en poudre et les dissoudre dans 25 ml de méthanol. Il est à signaler que la solution de DPPH se décompose très vite, c'est pour cette raison qu'il faut faire la manipulation le plus rapidement possible.

🚧 Mode opératoire

-Pour le contrôle prendre :

- 1 ml DPPH.
- 2,5 ml de méthanol.

- Pour l'essai prendre :

- 1,5 ml de l'échantillon.
- 1 ml DPPH.
- 1,5 ml de méthanol.

Incuber le tout à l'obscurité pendant 30 mn puis procéder à la lecture de la densité optique à une longueur d'onde de 518 nm.

Les résultats sont exprimés en équivalent Troloxe qui est utilisé comme standard.

🚧 Expression de résultats

L'activité anti-oxydante est donnée par la relation suivante :

$$AA \% = 100 \times \frac{A \text{ contrôle} - A \text{ extrait}}{A \text{ extrait}}$$

2.3/ Suivi de l'évolution des caroténoïdes et de l'activité anti-oxydante au cours du traitement thermique (Anonyme a, 2013)

🚧 Principe

Le principe est basé sur le suivi de l'évolution des caroténoïdes et de l'activité anti-oxydante par un dosage avant et après le traitement thermique.

🚧 Mode opératoire

-Jus d'orange :

La détermination de la teneur en caroténoïdes et en activité antioxydante a été effectuée avant de faire le traitement thermique par la chaleur.

Le dosage des caroténoïdes et de l'activité antioxydante a été réalisé selon les méthodes décrites précédemment.

- les tubes à essai contenant chacun d'eux un volume de jus d'orange ont subi un traitement thermique par chauffage dans un bain marie à une température de 85 à 90°C pendant une durée de 15 à 30 mn.
- Les tubes à essai sont retirés du bain marie, ensuite ils sont rapidement refroidis sous un jet d'eau du robinet en vue de dosage des polyphénols solubles totaux et caroténoïdes.

-Jus en cocktail :

Principe

Il s'agit de suivre l'évolution des caroténoïdes et de l'activité anti-oxydante au cours du traitement thermique et d'essayer de mettre en évidence leur rôle protecteur.

Mode opératoire

-Effectuer un dosage des caroténoïdes et de l'activité anti-oxydante du jus en cocktails avant et après le traitement thermique (85 à 90°C pendant 15 à 30 mn).

-Jus de cladodes : le même protocole expérimental du jus d'orange a été effectué.

2.5/ Contrôle microbiologique (Anonyme b, 2013)

a/ Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

-Jus d'orange :

On introduit aseptiquement 25ml de jus d'orange dans un flacon stérile contenant au préalable 225ml de diluant (eau physiologique), cette solution mère correspond aux dilutions 1/10 ou 10^{-1} .

A partir de la solution mère, on prélève aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile un volume de 1ml que l'on introduit dans un tube stérile contenant au préalable 9ml du même diluant (eau physiologique), cette dilution est alors 1/100 ou 10^{-2} . On procède de la même manière que la dilution 10^{-2} pour obtenir la dilution 10^{-3} (**figure 2**).

25 ml

-Jus en cocktail : la même démarche expérimentale a été suivie (**figure 3**).

-Jus de cladodes : la même démarche expérimentale a été suivie (**figure 4**).

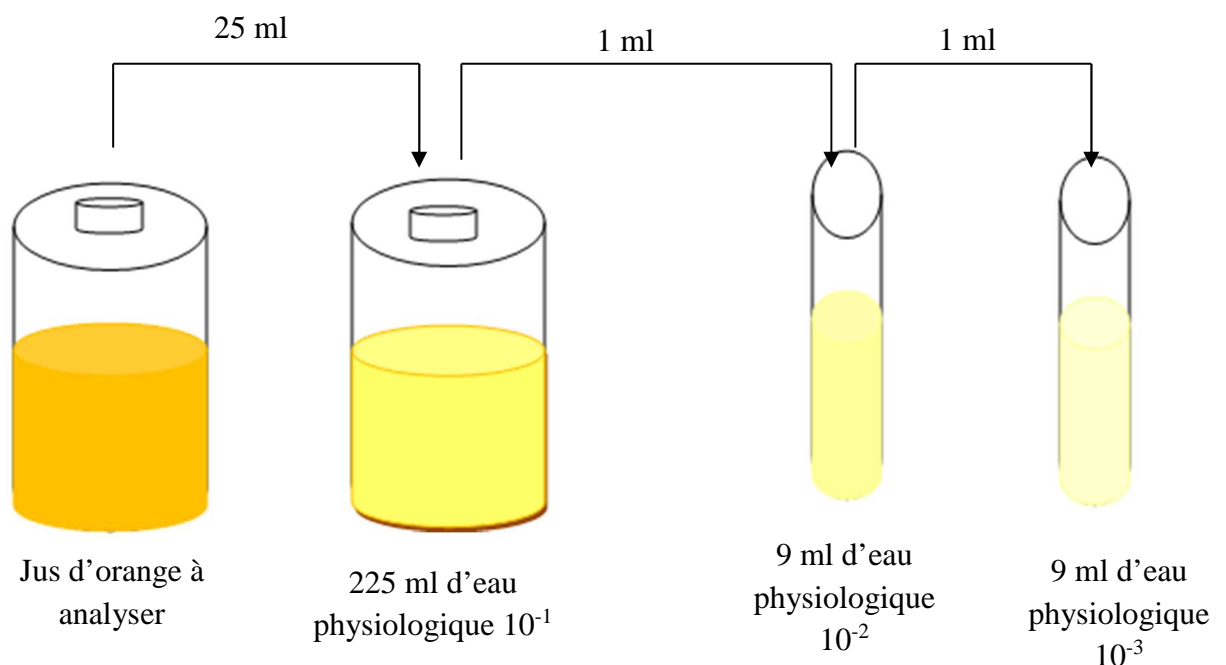


Figure 2 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales à partir du jus d'orange.

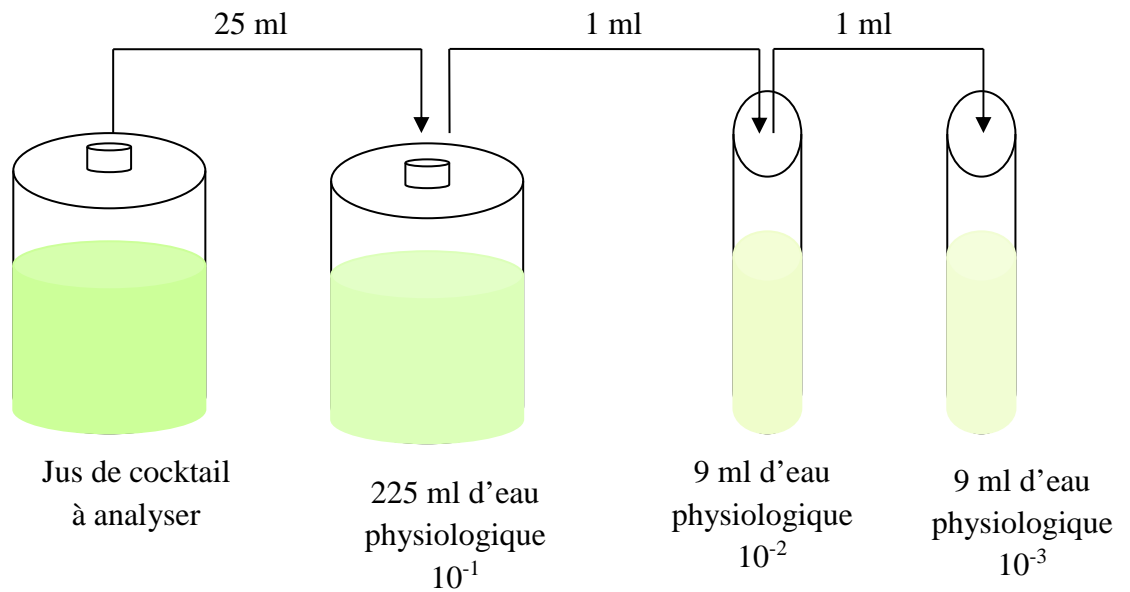


Figure 3 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales à partir du jus en cocktail (5%, 10% et 20% de jus de cladodes).

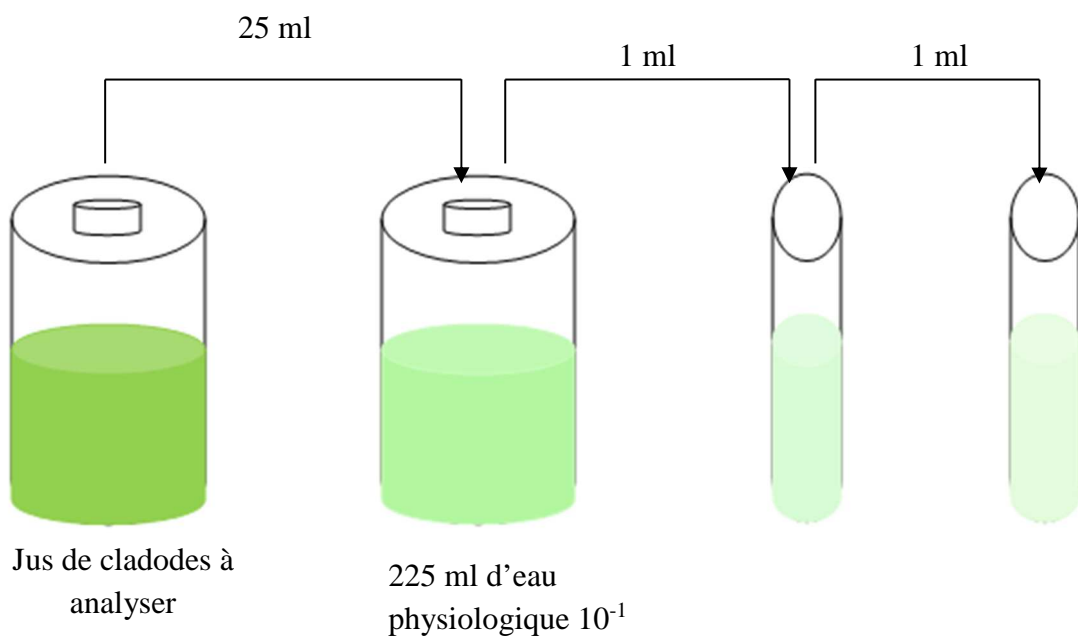


Figure 4 : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales à partir du jus de cladodes.

b/ Les analyses microbiologiques effectuées sur le jus d'orange, le jus en cocktail et le jus de cladodes

1/ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (AFNOR, 1986).

Le dénombrement des coliformes permet la mise en évidence d'une population fécale et donc la possibilité d'une contamination par les entérobactéries pathogènes. Elles sont un facteur de mauvaise conservation ou d'accidents de fabrication (GUIRAUD, 1998).

🔧 Mode opératoire

Par cette méthode, les Coliformes, et *Escherichia coli* sont dénombrés en milieu liquide par la technique du NPP (nombre le plus probable) à l'aide du bouillon VBL (Bouillon lactose bilié au vert brillant) réparti à raison de 10 ml par tube et muni d'une cloche de Durham.

Cette technique fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- Le test de confirmation : appelé aussi test de McKinsey, réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

➤ **Test de présomption**

Nous préparons dans un portoir une série de 9 tubes contenant le milieu sélectif VBL à raison de trois tubes par dilution. A partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , nous portons aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée (**figure 5**).

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et mélanger soigneusement et doucement le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture

Les tubes qui sont considérés comme positifs sont ceux qui présentent à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche de Durham).
- un trouble microbien, ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu.

Ces deux caractères témoignent qu'il y a eu fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait par le nombre des tubes positifs par dilution qui correspond au nombre de germes dans la table de Mac Grady.

A partir des dilutions décimales
Test de présomption

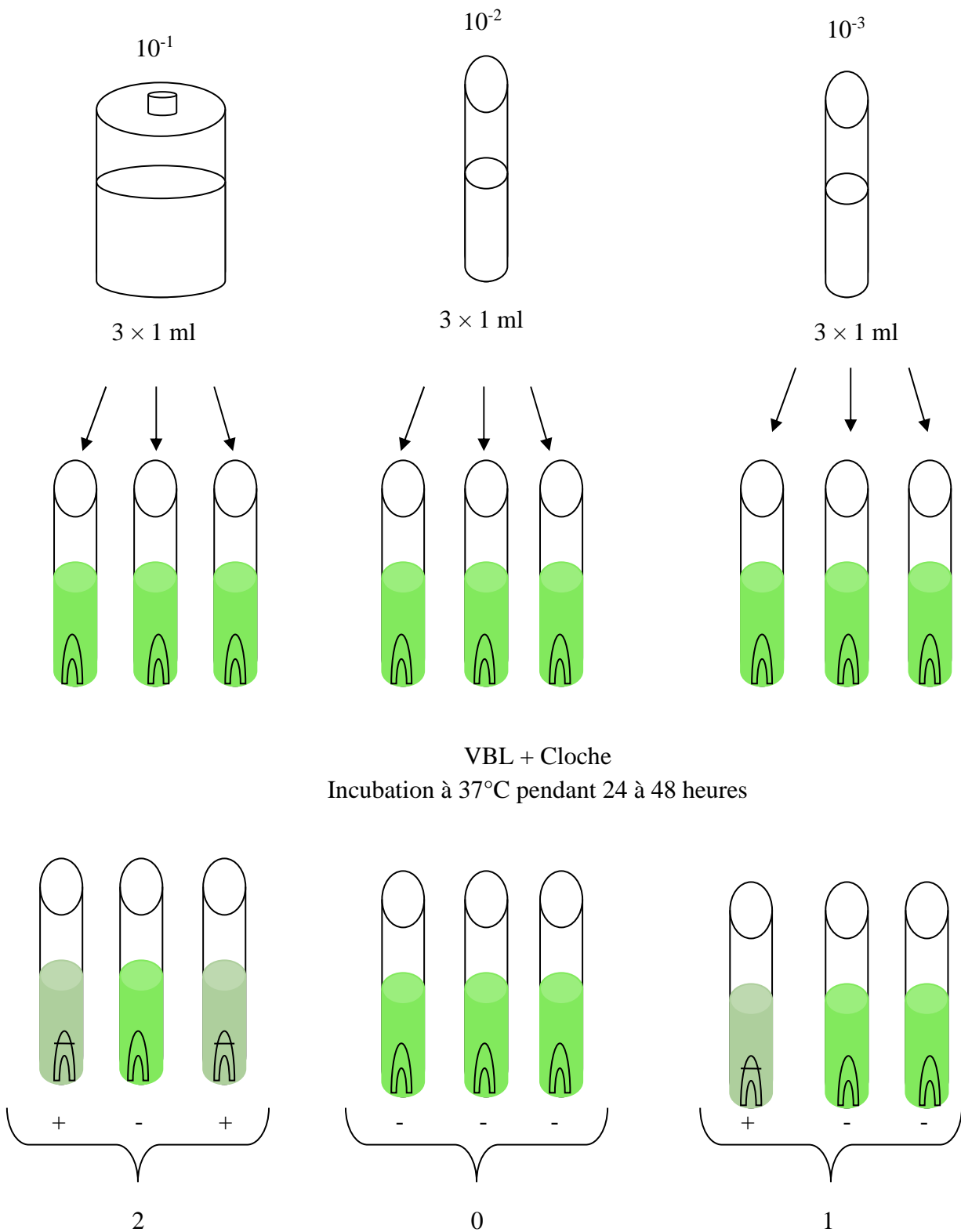


Figure 5 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux dans le jus d'orange, les jus en cocktail et le jus de cladodes (Test de présomption).

➤ **Test de confirmation ou test de McKinsey**

Les tubes de VBL trouvés positifs lors du dénombrement des Coliformes feront systématiquement l'objet d'un repiquage avec une anse bouclée :

- Un tube de VBL muni d'une cloche de Durham.
- Un tube d'eau peptonée exempte d'indole.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait au Bain Marie à $42 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 heures.

Lecture

Les tubes sont considérés comme positifs lorsqu'ils présentent *à la fois* :

- un dégagement gazeux dans les tubes de VBL
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs dans le tube d'eau peptonée exempte d'indole (EPEI).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady (**figure 6**).

Test de confirmation

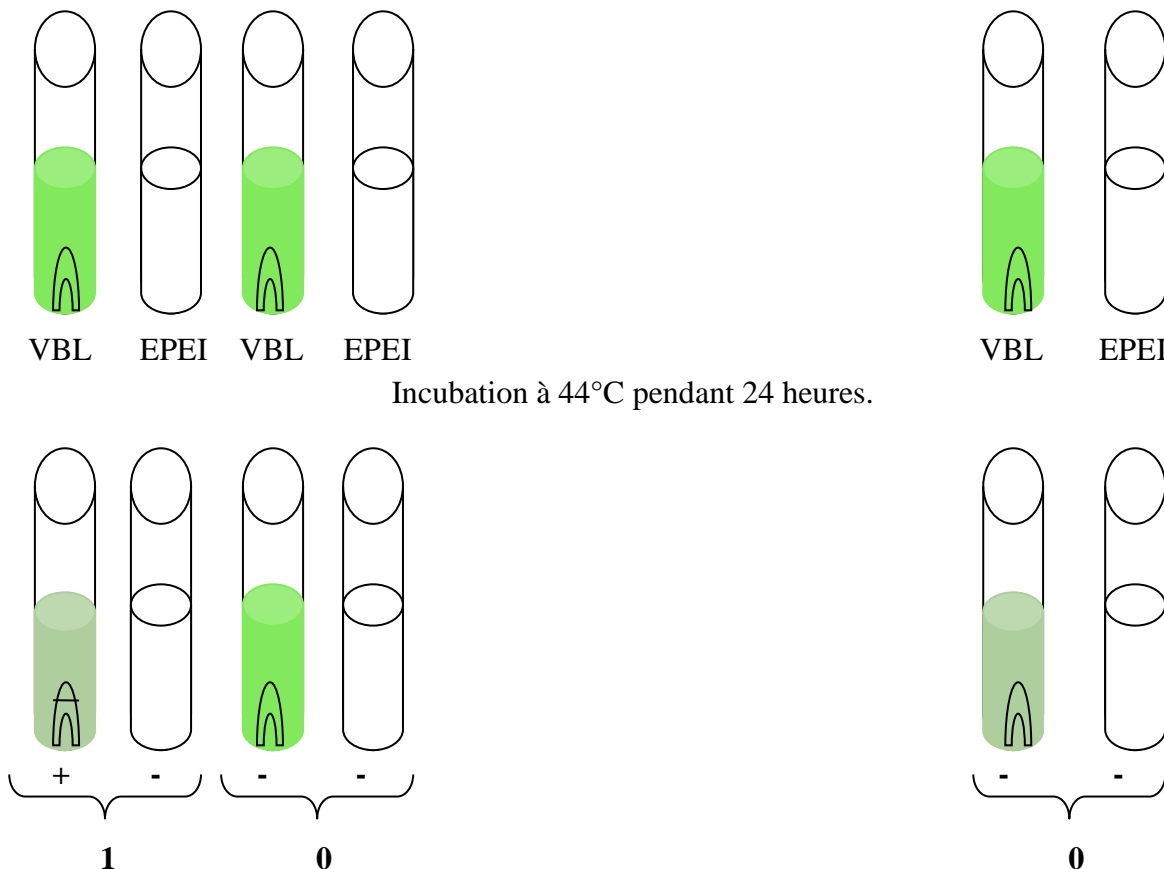


Figure 6 : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux dans le jus d'orange, les jus en cocktail et le jus de cladodes.

2/ Recherche et dénombrement des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs (AFNOR, 1986)

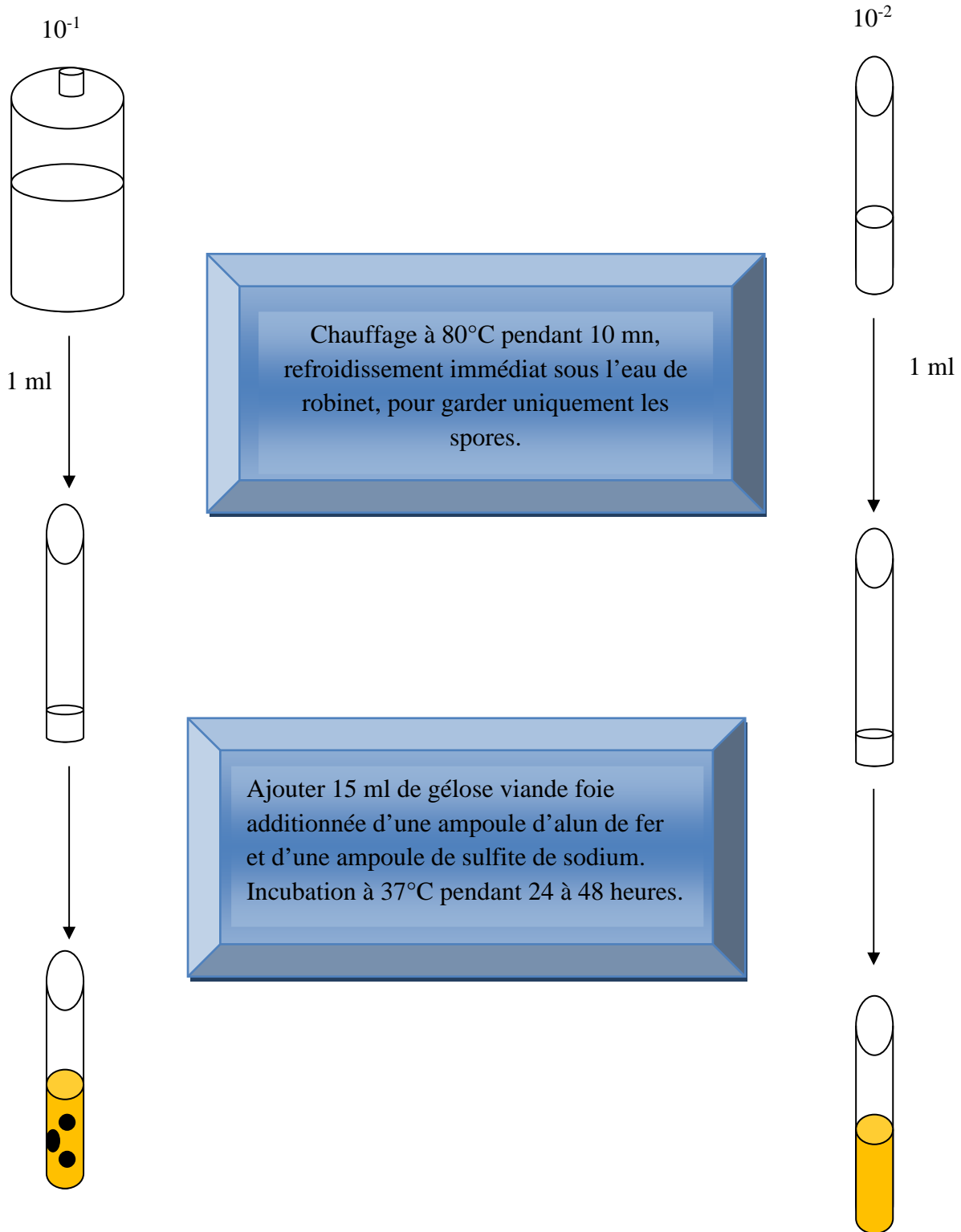
L'intérêt de la recherche de ces germes en microbiologie alimentaire repose leur capacité à sporuler, donc à survivre au cours des processus de conservation des aliments.

Mode opératoire

- A partir des dilutions 10^{-1} et 10^{-2} porter aseptiquement 1 ml de chaque solution, et les mettre dans deux tubes à vis stériles.
- Effectuer un chauffage à 80°C pendant 10 minutes pour les deux tubes et les soumettre à un refroidissement immédiat sous l'eau du robinet. Le but du chauffage est d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.
- Ajouter dans chaque tube 15 ml de gélose de viande foie (VF) ; préalablement fondue et ramenée à 45°C , additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de sulfite de sodium.
- Laisser solidifier sur la paillasse pendant 30 minutes.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture

Les tubes sont considérés comme positifs lorsqu'ils présentent des colonies noires évoluées en masse présentant un diamètre supérieur à 5 mm (**figure 7**).



Colonies noires ayant évolué en masse et présentant un diamètre > 0,5 nm.

Figure 7 : Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs.

3/ Recherche et dénombrement des levures et moisissures. (AFNOR, 1986)

Le dénombrement des levures et moisissures s'effectue à l'aide de gélose sabouraud avec culture en surface pendant 5 jours à 22°C. (GUIRAUD, 1998)

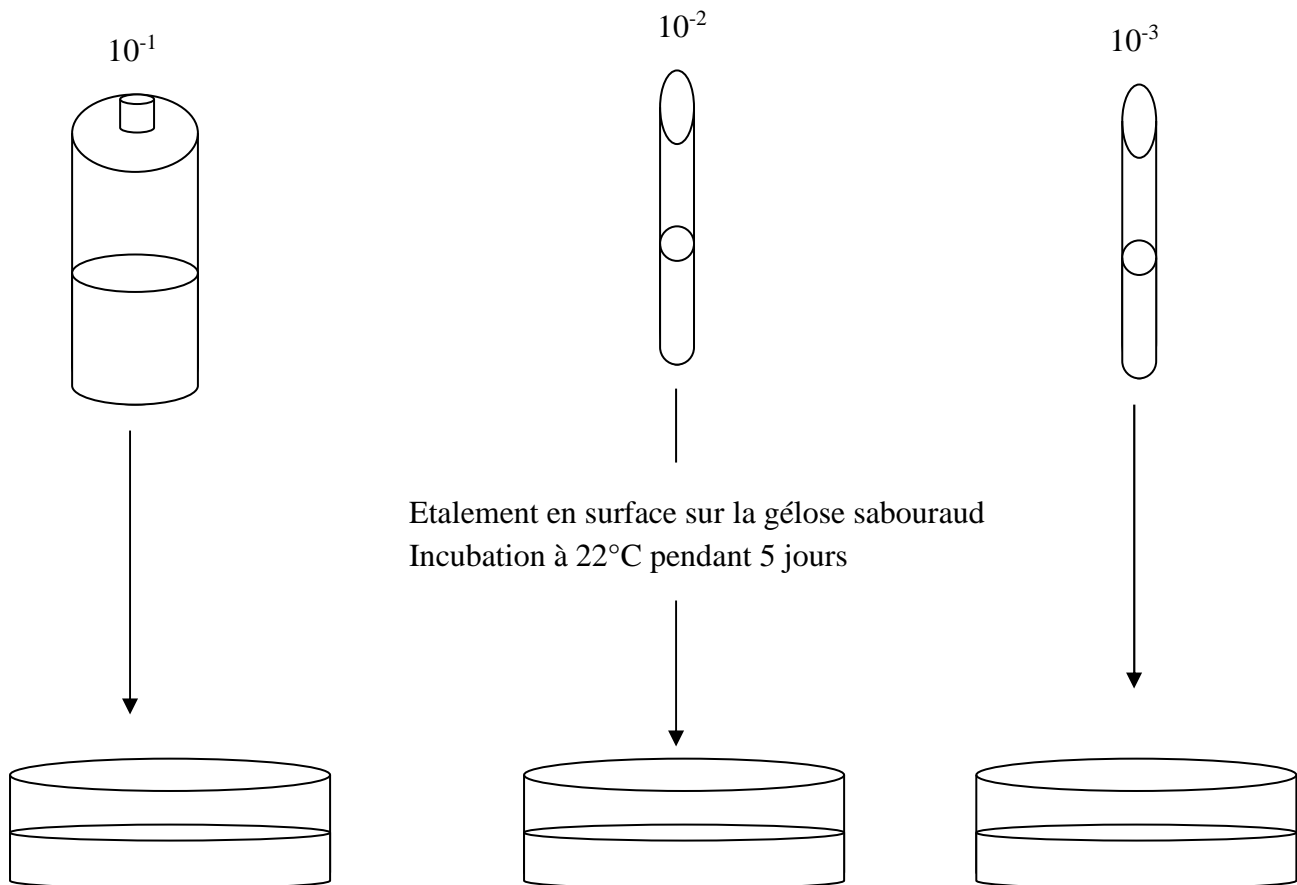
Mode opératoire

A partir des dilutions décimales 10^{-1} à 10^{-3} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose sabouraud. Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à 22°C pendant 5 jours.

On doit surveiller quotidiennement les boîtes de pétri pour éviter l'envahissement du milieu par des moisissures.

Lecture

La lecture et le dénombrement des levures et moisissures se fait séparément sur des boîtes contenant 15 à 150 colonies (**figure 8**).



Colonies de levures sont brillantes, rondes, pigmentées et opaques.

Les moisissures sont compactes, rugueuses, pigmentées et filamenteuses.

Figure 8 : Recherche et dénombrement des levures et des moisissures.

1/Résultats du contrôle physico-chimique

Les résultats du contrôle physico-chimique du jus d'orange, des jus en cocktails et du jus de cladodes sont résumés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Analyses physico-chimiques.

Paramètres Echantillons	Acidité (g/kg)	Brix (°Brix)	pH
Jus d'orange	4,40	12	3,08
Jus de cladodes	3,15	3,00	5,10
Jus en cocktail à 5%	3,92	8,20	3,70
Jus en cocktail à 10%	4,13	9,8	3,77
Jus en cocktail à 20%	4,27	10,60	3,85

D'après les résultats ci-dessus obtenus lors du contrôle physicochimique nous pouvons dire que le jus d'orange a un pH moindre que celui des jus en cocktail et que celui du jus de cladodes, contrairement à l'acidité qui est plus élevée dans le jus d'orange grâce à la quantité que renferme ce dernier et qui est due à la présence d'acide ascorbique et d'acide citrique (E330) alors que le jus extrait à partir des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica* renferme une quantité moindre d'acides organiques.

Puisque le degré de Brix est plus élevé dans le jus d'orange par rapport au jus de cladodes et selon **Adolf Ferdinand**, l'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix (°B) la fraction de saccharose dans un liquide, donc nous pouvons conclure que le taux de sucres dans le jus d'orange est plus élevé, ceci s'explique par la présence d'une quantité d'eau plus élevée dans le jus de cladodes que dans le jus d'orange.

Pour les jus en cocktail concernant l'acidité, elle s'augmente avec le pourcentage, cela se traduit par les quantités d'acides organiques du jus de cladodes qui s'ajoutent aux quantités d'acides organiques du jus d'orange. C'est le même principe pour le degré de Brix et pour le pH.

2/ Résultats du dosage

Le dosage des caroténoïdes et de l'activité antioxydante a révélé les résultats qui sont résumés dans les tableaux 10, 11, 12, 13, 14,15.

Tableau 10 : Les résultats du dosage des caroténoïdes dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Echantillons	Jus d'orange	Jus de cladodes
D.O des caroténoïdes (mg/100ml)	0,04 ± 0,001	0,024 ± 0,006

Tableau 11 : La concentration des caroténoïdes dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Echantillon	Jus d'orange	Jus de cladodes
[C] des caroténoïdes	100,2	60,12

D'après le tableau 11, nous déduisons que la concentration des caroténoïdes dans le jus d'orange est supérieure à celle du jus de cladodes par la faible présence des caroténoïdes dans ce dernier et selon **Benaïche, 1997**, les caroténoïdes donnent à la pulpe sa couleur plus ou moins marquée : jaune à orange, et vu la couleur du jus d'orange qui est d'une couleur orangé, nous confirmons la concentration élevée des caroténoïdes dans ce dernier, et qui possèdent en outre des propriétés pro-vitaminiques et antioxydantes.

D'après **Stintzing et al, 2005**, parmi les caroténoïdes présents dans le jus de cladodes nous avons les xanthophylles et les carotènes, c'est le β carotène -précurseur de la vitamine A- qui a un intérêt nutritionnel.

Pour **Rodriguez-Amaya, 1913**, la teneur en caroténoïdes des fruits et des légumes est affectée par plusieurs facteurs tels que la variété, le stade de maturité, le climat ou l'emplacement géographique de la production ; comme elle varie également en fonction de pratiques culturelles.

Tableau 12 : Le pourcentage de l'activité antioxydante dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

T	Jus d'orange	Jus de cladodes
% de l'activité antioxydante (mg/100ml)	79,54	82,94

Selon les résultats ci-dessus, nous pouvons conclure que l'activité antioxydante que renferme le jus de cladodes est plus élevée que celle du jus d'orange. Selon le **journal scientifique libanais** les fruits d'*Opuntia ficus indica* de couleur pourpre semblent posséder une activité protectrice contre l'oxydation plus élevée que ceux de couleur jaune – orange. La valorisation biotechnologique de cette espèce en tant que source de composés fonctionnels, est possible, en plus de ses propriétés nutritionnelles et organoleptiques élevées.

Pour **collé, 1997**, l'activité anti oxydante est employée pour évaluer les radicaux libres, les capacités anti radical des composés organiques peuvent être évaluées en mesurant la facilité de leur réaction au diphenyl pycrylhydrazyl stable de radical libre (Imax 517 nm de DPPH), menant à sa forme réduite (Dpph-h). Les bons extracteurs de radical libre réagissent

rapidement laissant un peu de DPPH non réduit, qui indique la présence d'un antioxydant efficace.

Tableau 13 : Les résultats du dosage des caroténoïdes dans les jus en cocktail.

	Jus en cocktail 5%	Jus en cocktail 10%	Jus en cocktail 20%
D.O des caroténoïdes	0,150 ± 0,004	0,140 ± 0,006	0,107 ± 0,003

Tableau 14 : La concentration des caroténoïdes dans les jus en cocktail.

	Jus en cocktail 5%	Jus en cocktail 10%	Jus en cocktail 20%
[C] des caroténoïdes	375,75	350,7	268,035

D'après les résultats obtenus nous remarquons que la concentration en caroténoïdes diminue avec l'augmentation du pourcentage du jus de cladodes dans les jus en cocktails ; comme nous avons trouvé dans les résultats précédents la faible présence des caroténoïdes dans le jus de cladodes, donc plus nous rajoutons ce dernier au jus d'orange plus la concentration des caroténoïdes diminue.

Tableau 15 : Le pourcentage de l'activité antioxydante dans les jus en cocktail.

	Jus en cocktail 5%	Jus en cocktail 10%	Jus en cocktail 20%
% de l'activité antioxydante	90,11	92,08	95,33

D'après le tableau 15 nous remarquons que le jus en cocktail à 20% a une activité antioxydante plus élevée que celle des jus en cocktail à 5 et 10%. Pour l'activité antioxydante c'est la même chose que pour la concentration en caroténoïdes, vu le pourcentage élevé de l'activité antioxydante dans le jus de cladodes, donc plus nous rajoutons ce dernier au jus d'orange plus le pourcentage de l'activité antioxydante augmente.

3/ Résultats du suivi de l'évolution des caroténoïdes et de l'activité antioxydante au cours du traitement thermique

La pasteurisation est le processus de traitement par la chaleur destiné à désactiver les enzymes et micro-organismes naturels.

L'effet de la température sur les caroténoïdes et l'activité antioxydante du jus d'orange, du jus de cladodes et du jus en cocktail a révélé les résultats qui sont présentés dans les tableaux 16, 17, 18.

Tableau 16 : Evolution des caroténoïdes (mg/100ml) dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail au cours du traitement thermique à 85°C.

Echantillons	T ₀	T ₁ = 15mn	T ₂ = 30mn
Jus d'orange (mg/100ml)	0,04	0,006	0,0022
Jus de cladodes (mg/100ml)	0,024	0,003	0,0016
Jus en cocktails 20%	0,107	0,042	0,0155

T₀ : Température avant traitement thermique.

Tableau 17 : Evolution de la concentration des caroténoïdes dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail au cours du traitement thermique à 85°C.

T	T ₀	T ₁ = 15mn	T ₂ = 30mn
[C] des caroténoïdes dans le jus d'orange (mg/100ml)	100,200	15,030	5,511
[C] des caroténoïdes dans le jus de cladodes (mg/100ml)	60,120	7,515	4,008
[C] des caroténoïdes dans le jus en cocktail 20% (mg/100ml)	268,035	105,210	38,828

D'après les résultats ci-dessus, nous remarquons que la concentration en caroténoïdes diminue au cours du traitement thermique, donc ce composé bioactif diminue au cours de la pasteurisation.

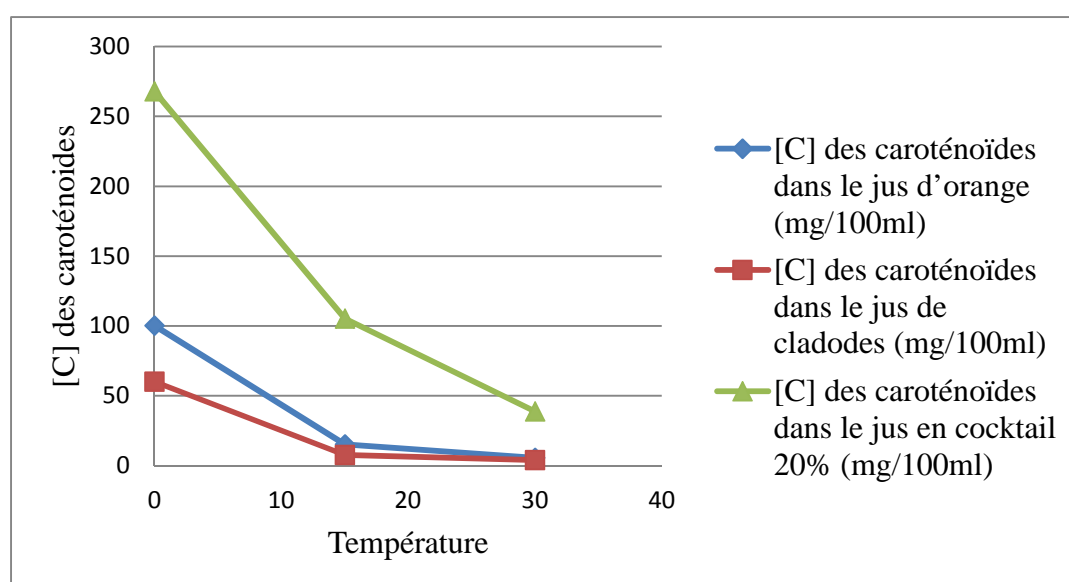


Figure 9 : L'évolution des caroténoïdes au cours du traitement thermique à 85°C dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Interprétation des graphes

Nous remarquons que durant le traitement thermique la concentration en caroténoïdes se régresse fortement puis s'allège

- De la température = 0 à la température = 10, il y a une forte dégradation des caroténoïdes.
- De la température = 10 à la température = 20, la forte dégradation des caroténoïdes continue puis s'affaiblie mais reste un peu plus élevée dans le jus en cocktails.
- De la température = 20 à la température = 30, la faible dégradation continue jusqu'à la température 30 où se rapproche la concentration des caroténoïdes du jus d'orange et du jus de cladodes, quand à celle du jus en cocktails, elle est toujours plus élevée.

$$[(C_1 - C_2) / C_1] \times 100$$

A partir de cette formule nous pouvons dire que durant le traitement thermique (de la température = 0°C à la température = 30°C) la concentration des caroténoïdes a diminué de 94,5% dans le jus d'orange, celle du jus de cladodes a diminué de 93,33% et celle du jus en cocktails a régressé de 85,51%.

Concernant le jus d'orange, le pourcentage de diminution de la concentration des caroténoïdes dans les premières 15 minutes qui est de 85% est plus importante comparée à celle des deuxièmes 15 minutes qui est de 63,33% mais qui reste élevée.

Pour le jus de cladodes, le pourcentage de diminution de la concentration des caroténoïdes de la deuxième quinzaine qui est de 46,66% est moindre que celui de la première quinzaine qui est de 87,5%.

En ce qui concerne le jus en cocktail, le pourcentage de diminution de la concentration des caroténoïdes de la première quinzaine qui est de 60,74% est moindre que celui de la deuxième quinzaine qui est de 63,09%.

D'après ces résultats, il semble que la perte en caroténoïdes est élevée dans le jus d'orange par rapport au jus de cladodes durant le traitement thermique, donc il paraît que le jus de cladodes préserve plus les caroténoïdes par rapport au jus d'orange.

Pour le jus en cocktail la perte est moindre que celle du jus d'orange et du jus de cladodes, donc il apparaît que le mélange entre jus d'orange et jus de cladodes préserve le mieux les caroténoïdes.

Tableau 18 : Les résultats de l'effet de la température sur l'activité antioxydante dans le jus d'orange, le jus de cladodes et le jus en cocktail en (%).

T	T ₀	T ₁ = 15mn	T ₂ = 30mn
Jus d'orange	79,54	54	28,46
Jus de cladodes	82,94	59,89	35,23
Cocktail à 20%	92,35	60,23	52,38

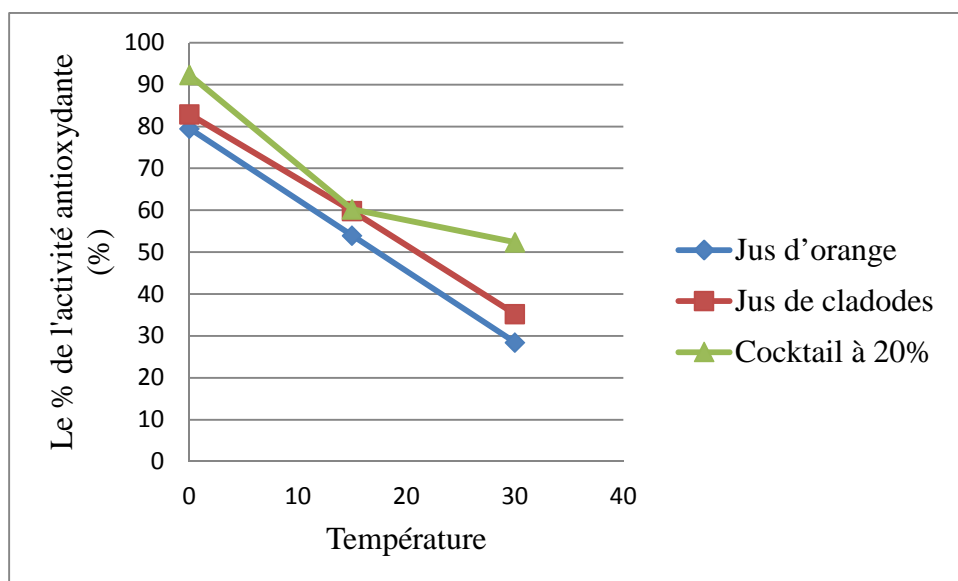


Figure 10 : L'effet de la température sur l'activité antioxydante dans le jus d'orange et le jus de cladodes.

Interprétation des graphes :

Nous pouvons dire que pendant le traitement thermique l'activité antioxydante diminue continuellement d'une façon aigue seulement dans le jus d'orange et le jus de cladodes , mais dans le jus en cocktails la diminution s'allège.

- De la température = 0 à la température = 10, il y a une forte diminution de l'activité antioxydante qui est un peu plus élevée dans le jus en cocktail.
- De la température = 10 à la température = 20, la diminution de l'activité antioxydante continue dans le jus d'orange et le jus de cladodes et s'allège dans le jus en cocktail.
- De la température = 20 à la température = 30, l'abaissement de l'activité antioxydante continue dans les deux jus et est toujours allégée dans le jus en cocktail jusqu'à la température 30 où le pourcentage de l'activité antioxydante est élevé dans le jus en cocktail.

$$[(C_1 - C_2)/C_1] \times 100$$

A partir de cette formule nous remarquons que pendant le traitement thermique (de la température = 0°C à la température = 30°C) l'activité antioxydante a diminué de 64,21% dans le jus d'orange, celle du jus de cladodes a diminué de 57,52% et celle du jus en cocktails a régressé de 43,28%.

A propos du jus d'orange, le pourcentage de diminution de l'activité antioxydante dans les premières 15 minutes qui est de 32,10% est moindre que celui des deuxièmes 15 minutes qui est de 47,29%.

Pour le jus de cladodes, le pourcentage de diminution de l'activité antioxydante de la deuxième quinzaine qui est de 41,17% est important comparé à celui de la première quinzaine qui est de 27,79%.

En ce qui concerne le jus en cocktail, le pourcentage de diminution de l'activité antioxydante de la première quinzaine qui est de 34,78% est important par rapport à celui de la deuxième quinzaine qui est de 13,03%.

D'après ces résultats, il apparaît que la perte en activité antioxydante est élevée dans le jus d'orange par rapport au jus de cladodes durant le traitement thermique, donc nous concluons que le jus de cladodes préserve plus les caroténoïdes par rapport au jus d'orange.

Pour le jus en cocktail la perte est moindre que celle du jus d'orange et du jus de cladodes, donc il semble que le mélange entre jus d'orange et jus de cladodes préserve le mieux l'activité antioxydante.

Donc d'après tous ces résultats, nous pouvons déduire que le jus de cladodes a porté des bienfaits au jus d'orange et a amélioré un peu sa qualité en matière du pouvoir antioxydant.

D'après nos résultats, il semblerait que la dégradation des caroténoïdes n'a pas régressé complètement l'activité antioxydante, et d'après une étude bibliographique, le pouvoir antioxydant est donné en majorité par les polyphénols puis par la vitamine C et ensuite viennent les caroténoïdes, donc il se pourrait qu'il n'y ait pas eu une diminution assez importante de l'activité antioxydante parce qu'il n'y a pas eu une dégradation importante des polyphénols et de la vitamine C.

4/ Résultats du contrôle microbiologique

Les résultats qu'a révélé le contrôle microbiologique sont représentés dans les tableaux 19, 20.

Tableau 19 : Résultats du contrôle microbiologique du jus d'orange et du jus de cladodes.

Echantillons	Jus d'orange	Jus de cladodes	Normes J.O.R.A 1998
Les germes			
Les Coliformes totaux et fécaux	Absence	Absence	Absence
Les spores d'Anaérobies sulfito-réducteurs	Absence	Absence	Absence
Levures	00	00	< 20
Moisissures	00	00	10

Le tableau 19 montre que les résultats obtenus lors du contrôle microbiologique répondent aux normes établies par AFNOR. Nous remarquons qu'il y a absence de germes dans le jus d'orange et le jus de cladodes, ce qui prouve qu'ils sont dénués de micro-organismes

Tableau 20 : Résultats du contrôle microbiologique des jus en cocktail.

Echantillon	Jus en cocktail 5%	Jus en cocktail 10%	Jus en cocktail 20%	Normes J.O.R.A 1998
Les germes				
Les Coliformes totaux et fécaux	Absence	Absence	Absence	Absence
Les spores d'Anaérobies sulfito-réducteurs	Absence	Absence	Absence	Absence
Levures	00	00	00	< 20
Moisissures	00	00	00	10

D'après le tableau 20 nous remarquons que les résultats obtenus lors du contrôle microbiologique répondent aux normes établies par AFNOR. Nous concluons qu'il y a absence de germes dans les trois jus en cocktails, ce qui prouve qu'ils sont dénués de micro-organismes.

Le nombre, la taille et la nature des échantillons prélevés influencent considérablement les résultats de l'analyse microbiologique. Dans certains cas, il peut arriver que l'échantillon analytique soit véritablement représentatif du lot échantillonné. Ceci est valable pour des liquides

On entend par critère microbiologique une norme par rapport à laquelle on peut comparer et évaluer ses propres données. Un critère microbiologique peut revêtir un caractère obligatoire ou consultatif. Les différents types de critères ont été définis par une sous-commission des critères microbiologiques créée par l'U.S. National Research Council (FNB/NRC, 1985) :

- On entend par *norme* microbiologique un critère microbiologique qui fait partie d'un texte de loi ou d'un décret et qui revêt un caractère obligatoire.
- On entend par *directive* microbiologique un critère servant à évaluer les conditions microbiologiques dans lesquelles s'effectuent la transformation, la distribution et la commercialisation des denrées alimentaires. Il s'agit donc surtout d'un critère consultatif.
- On entend par *spécification* microbiologique une spécification utilisée lors des contrats conclus entre acheteurs et vendeurs

Les critères microbiologiques auront leur utilité lorsqu'il s'agira d'évaluer la sécurité et la durée de conservation des produits alimentaires, le respect des Bonnes pratiques de fabrication (BPF) et de savoir si tel produit alimentaire convient à tel usage particulier. Par conséquent, les différents critères comprennent souvent à la fois des valeurs pour les bactéries pathogènes ou leurs toxines et pour les organismes indicateurs.

Selon les recommandations de la sous-commission (FNB/NRC, 1985), un critère microbiologique devrait comprendre les composantes ci-après :

- Un énoncé décrivant l'identité du produit alimentaire auquel s'applique le critère.
- Un énoncé définissant le contaminant considéré, c'est-à-dire le micro-organisme ou le groupe de micro-organismes et/ou ses toxines ou autres agents.
- La méthode d'analyse à utiliser pour la détection, la numération ou la quantification du contaminant considéré.
- Le plan d'échantillonnage.
- Les limites microbiologiques jugées appropriées pour le produit alimentaire et proportionnées au plan d'échantillonnage retenu.

Il ne faut établir de critères microbiologiques qu'en cas de besoin et quand il peut être démontré que cela est à la fois efficace et pratique. Il y aurait lieu d'envisager un certain nombre de facteurs, énumérés dans le document FNB/NRC (1985), tels que la preuve qu'il y a risque, la nature du produit et de sa microflore, l'effet des opérations de traitement, l'état dans lequel le produit alimentaire est distribué, la manière dont il est accommodé en vue de la consommation et la question de l'existence de méthodes pratiques et fiables de détection pour un coût raisonnable.

Conclusion et perspectives

Notre travail a porté sur l'évolution du pouvoir antioxydant dans le jus d'orange, jus en cocktails et le jus de cladodes.

Durant notre stage, nous avons effectué un contrôle physico-chimique du jus d'orange et du jus de cladodes, et nous avons établi un contrôle microbiologique.

Nous avons fait un dosage des caroténoïdes et de l'activité antioxydante que renferment les jus d'orange, jus de cladodes et les jus en cocktails, ce qui a donné des résultats conformes aux normes d'AFNOR.

Nous avons aussi étudié l'évolution des caroténoïdes, et de l'activité antioxydante dans les jus d'orange, jus de cladodes et en cocktails à 20% durant le traitement thermique.

D'après les résultats obtenus nous concluons que les jus d'orange et de cladodes sont de bonne qualité organoleptique, et que ces deux jus ne présentent aucun germe donc ne sont pas nocifs pour la santé.

Comme perspective nous proposons les recommandations suivantes :

- ✚ Trouver des solutions pour remplacer la perte en caroténoïdes durant la pasteurisation.
- ✚ Il serait intéressant de continuer les recherches pour étudier l'évolution des polyphénols et de la vitamine C au cours du traitement thermique pour confirmer nos suggestions, et l'évolution de ces derniers et des caroténoïdes au cours du stockage.
- ✚ Il serait aussi très intéressant de produire et de commercialiser le jus en cocktail préparé à partir du jus d'orange et du jus de cladodes.

Références bibliographiques

- Anonyme, 1981** : LAROUSSE agricole, 1981.
- Anonyme, 1999** : www.FAO.org.
- Anonyme, 2000** : ministère des ressources en eaux.
- Anonyme, 2002** : Fichiers méthodes d'analyses (COLAITAL SPA).
- Anonyme, 2002** : Thèse présentée par Aurelio DOMINGUEZ LOPEZ, à la faculté des études supérieur de l'université Laval pour l'obtention du grade de Philosophie Doctoral. (PH.D). Caractérisation et optimisation de la flaveur du jus d'orange non fait concentré. Septembre 2002.
- Anonyme, 2004** : Collection Java industrie.
- Anonyme a, 2013** : Document interne de AQUASIM.
- Anonyme b, 2013** : Document interne de VITAJUS.
- ARENA E et COMPISIS S, 1998** : Fatty Acids of Italian Blood Orange Juice. Journal of agricultural and Food chemistry. 46 (10): 4138-4143.
- ARISTONY M.C., ORLANDO L., NAVARRO J.L., SENDERA J.M., IZQUIERDO L, 1989**: Characterization of Spanish orange juice for variables Used in Purity Control. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 37 (3): 596-600.
- BENAMARA S et AGOUGOU A, 2003** : Production des jus alimentaires. Edition : Office des Publications Universitaires.
- BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F et ZUCCA J, 1996** : Microbiologie alimentaire Tome I. Aspect réglementaire de la sécurité et de la qualité des aliments. Paris. P : 38, 39.
- CHFTEL H et CHFTEL J.C, 1976** : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments Vol 1. Edition technique et documentation. Lavoisier. P : 12.
- CHFTEL J.C., CHEFTEL N., BESNCON P, 1977**: Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Vol 2. Edition technique et documentation. Lavoisier. P: 4.
- Cieslik E., A. Greda & W. Adamus, 2006**: Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chem* 94, 135-142.
- C. Sáenz, 1995**: Food Manufacture and by-products. In: Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. Eds: Barbera G, Inglese P, Pimienta-Barrios E, FAO Plant Product and Protection Paper, Rome 132, 137-143.
- ESPIARD. E, 2002** : Introduction à la transformation industrielle des fruits.
- GACHOT. H, 1955** : Manuel des jus de fruits. Edition P.H HELTZ. Strasbourg. P: 59.
- GUIRAUD J.P, 1998** : « Microbiologie alimentaire ». Paris : DUNOD, 1998. P : 419, 652.
- GUIRAUD J.P, 2003**: Microbiologie Alimentaire. Nouvelle édition DUNOD-Ria. Paris. P : 419, 652.
- GULZY P et GUIRAUD J.P, 1980**: L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Collection : collection Génie Alimentaire. Edition de l'usine nouvelle.P : 74.
- HARRIS S.R. et KARMAS E, 1975**: Nutritional evaluation of food processing. AVL publishing company INC.
- HENDRIX C.M et REDD J.B, 1995** : Chemistry and technology of citrus juices and By-Products. In: Ashurst, P.R. (ed.) 1995. Production and packaging of Non-Carbonated Juices and Fruits Beverages.Blackie Académie& Professional. P: 53-87.

HULME. D.C, 1971:The biochemistry of fruits and their products Vol 1 et 2. Edition press. London NY. P: 63, 79, 81.

Jao, C. H., Ko, W. C. ,2002. 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging by protein hydrolysates from tuna cooking juice. *Fisher Science*, 68, 430–435.

JOFFIN C et JOFFIN J.N, 2000: Microbiologie Alimentaire. Cinquième édition, collection biologie technique. C.R.D.P. d'Aquitaine. P: 32, 33.

JONHSON R.L. et TOLEDO R.T, 1975 :Juice concentrate aseptically packaged in plastic and glass containers. *J.Food Science* Vol 40.

KEFFORD J.K et CHANDLER B.V, 1970: The chemical constituents of citrus fruits supplement. 2^{ème} édition académie press. London newyor. P: 66.

KLAVONS J.A., BENNAT R.D., VANNIER S.H, 1991 : Nature of the protein constituent of commercial orange juice cloud. *Journal of agricultural and food chemistry*. 39 (9) : 1545-1548.

KOCEM B., CORNELL J.A., MATHIEWS R.F, 1987: Non enzymatic brewing in aseptically packaged orange drinks. Effects of ascorbic acid, amino acid and oxygen. *J. Food Science* Vol 25, N°6. P : 1289.

Kuti J.O. & C.M. Galloway, 1994: Sugar composition and invertase activity in prickly pear. *J Food Sci* 59, 387–393.

Lebanese Science Journal, Vol. 7, No. 1, 2006.

LEE H.S et NAGY S, 1988: Quality changes and non enzymatic brewing intermediates ; in grape fruit juice during storage. *J.Food Science* Vol 35, N°1. P : 329.

LEROUX H., BRILOUEZ H., RAGOU I, 1999 : Etude de la teneur en vitamine C des jus d'orange en fonction du procédé de fabrication, de la durée de conservation et de l'emballage. Institut national agronomique. Paris Grignon, nov, 1999.

MULTON J.L, 1994: La qualité des produits alimentaires : politiques, incitation, gestion et contrôle. 2^{ème} édition. Paris. P: 92, 143, 144.

NAGY L, 1980: Vitamin C, content of citrus fruit and their products Vol 28 N°1. P: 203.

NAGY S et SHAW P.E, 1990: Factors Affecting the flavor of citrus fruit In: Morton I.D., Macleod A.J. (Eds) 1990. *Food Flavors. The Flavor of Fruits*.

NAGYS et SMOOT S.M, 1977: Temperature and storage effects on percent retention recommended dietary allowance of vitamin C in canned single strength orange juice. Elsevier. P: 93.

PARALORALORAN, 1971 :Les agrumes. Edition Maison Neuve et la Rose. Paris. P : 148, 150.

PARK G.L., BYERS J.L., PRITZ C.M., NELSON D.B., NAVARRO J.L., SMOLENSKY D.C., VANDERCOOK C.E, 1983: Characteristics of California Navel Orange Juice and Pulp wash. *Journal of Food Science*. 48 (2): 627-632.

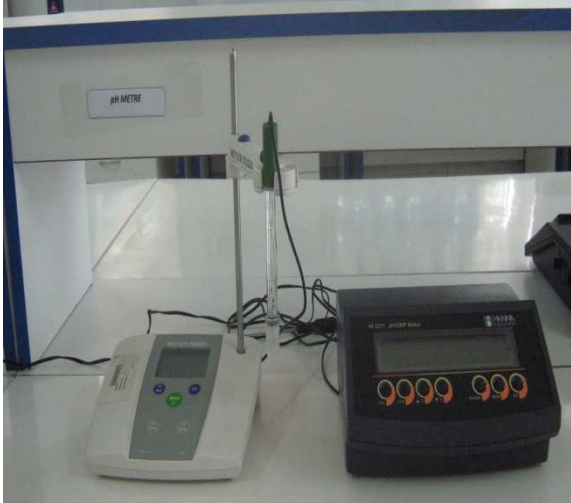
Ramadan M.F. & J.-T. Mörsel, 2003: Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chem* 82, 339–345.

RANGANA S., GOVINDARAJANA V.J., RAMANA K.V.R, 1983: Citrus fruits-varieties. Chemistry, Technology and Quality Evaluation Part II: Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 18 (4): 313-386.

ROBERSON G.L et SAMANIEGO M.L, 1986 :Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the brewing of lemon juice during storage. *J.O. Science*.

- Rodriguez D., 1999.** Desarrollo de una bebida pasteurizada a base del nopal, page : 75- 76.
In. Aguirre. J. R., Reyes, J. A. Memoria VIII congreso Nacional y VI Internacional sobre el concimiento y Aprovechamiento del Nopal. San Luis Potos, Mexico.
- SASS-KISS A., SASS M, 2002:** Distribution of Various Peptids in Citrus Fruits (Grapefruit, lemon and orange). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 (7): 2117-2120.
- Sepulveda E. & C. Sáenz, 1990:** Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) pulp. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 30, 551–555.
- Shabir M. & A. Zaman, 1968:** Chemical investigation of the flowers of *Opuntia elatior* (Cactaceae). *J Indian Chem Soc* 45, 11.
- SIMOND , 1980:**Boisson et nutrition. *Revue « Bois »* Vol 11, N°10.P : 40, 44.
- Stintzing F.C. & R. Carle, 2005:** Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol Nutr Food Res* 49, 175-194.
- Teles F., J. Stull, W. Brown & F. Whitting, 1984:** Amino and organic acids of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L.). *J Sci Food Agric* 35, 421–425.
- TRESSLER D.K et JOSSLYNE M.A, 1971 :** Fruits and vegetables juice processing technology. Edition the AVL publishing compang.INC pennsylvania. P: 283.
- Uchoa A.F., P.A.S. Souza, R.M.L. Zarate, E. Gomes-Filho & F.A.P. Campos, 1998:** Isolation and characterization of a reserve protein from the seeds of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae), *Brazilian J Med Biological Res* 31, 757–761.
- VERET C, 2000 :** Réfractométrie et interférométrie en analyses chimiques. *Traité analyse et caractérisation* Vol 1 ; 200. P : 500.
- VIERLING. E, 1998:** “Aliment et boisson, filières et produit” *Science des aliments*, aquatine. Doin éditeur, 1998. P : 11, 19.

Annexe 1



pH mètre



Réfractomètre



Etuve



Hotte

Annexe 2



Partie I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

INTRODUCTION

Partie III : RESULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES