



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE BATNA 1 - HADJ LAKHDAR
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

THESE
Pour l'obtention du diplôme de
DOCTORAT EN SCIENCES

Filière

Sciences agronomiques

Option

Qualité et Sécurité Alimentaire

Présentée Par:

SAADOUDI Mouni

Thème

Caractérisation biochimique, conservation et essais
d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de
Zizyphus lotus L.

Jury :

Président :	FAHLOUL Djamel.	Professeur	Université de Batna 1
Rapporteur:	HAMBABA Leila	Professeur	Université de Batna 2
Examineurs :	ABDESSEMED Dalila	MCA	Université de Batna 1
	AMADEH Souad	Professeur	Université Constantine 1
	LAROUI Salah	Professeur	Université de Batna 2

ANNÉE UNIVERSITAIRE: 2018-2019

REMERCIEMENTS

C'est avec un réel plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à l'aboutissement de ce travail.

Avant tout, je remercie Dieu tout puissant pour m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

Je tiens tout d'abord à remercier :

-*Madame Hambaba Leïla* ; Professeur à l'université de Batna 2, d'avoir accepté de diriger ce travail avec compétence et dévouement, de m'encadrer depuis mon magister ; qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude. Ce travail n'aurait pas été le même sans votre encadrement.

-*Monsieur Fahloul Djamel*, Professeur à l'université de Batna1, pour avoir accepté de présider le jury de ma thèse et pour ce qu'il m'a apporté lors de nos discussions, son gout profond pour une science claire et rigoureuse et son dynamisme m'ont beaucoup marqué. Je le remercie très chaleureusement.

-Tous mes remerciements s'adressent aux lecteurs attentifs de ce manuscrit, le professeur *Abdessemed Dalila* (université de Batna 1), le professeur *Amadeh Souad* (université de Constantine 1) et le professeur *Laroui Salah* (université de Batna 2) qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail.

-Un remerciement chaleureux à monsieur *Abdeddaim Mohamed*, maître de conférences à l'université de Batna1, pour avoir su guider mes premiers coups de pinceaux sur la toile de recherche.

-J'ajouterai une mention spéciale à monsieur *Adjroudi Rachid*, Maître de conférences à l'université de Batna1, qui m'a toujours soutenu dans mes choix et qui a largement contribué à ma réussite, sa devise permanente « Rien n'est difficile à condition de vouloir »

-Je témoigne toute ma gratitude à Madame *Allouï-Lombarkia Ourida*, Professeur à l'université de Batna1, pour son aide, je la remercie très chaleureusement.

-Je remercie Monsieur *Bacha Ali*, maître assistant à l'université de Batna 1, pour sa grande disponibilité et sa gentillesse, son soutien performant aussi bien technique que moral.

-Merci également à Monsieur *Yammami Saleh* ; qui m'ont offert généreusement leurs compétences.

LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS

1-**Mouni Saadoudi**, Leila Hambaba , Mohamed Abdeddaim , Adel Lekbir , Ali Bacha , Soussene Boudraa1 , Sara Zidani., **2017** .Nutritional composition physical properties and sensory evaluation of biscuit produced from jujubes (Fruits of *Zizyphus lotus* L.). *Annals. Food Science and Technology*, **18(3)** :395-401.

2-**Saadoudi Mouni.**, Hamebaba Leila., Abdeddaim Mohamed., 2012. Study of the Glucidic Fraction of *Celtis Australis* L, *Crataegus Azarolus* L, *Crataegus Monogyna* Jacq., *Elaeagnus Angustifolia* L. and ***Zizyphus Lotus* L.** Fruits .*International conference on agricultural,biotechnologie,biological and biosystèmes engineering* ,**71** :2421-2425.

3-Mohamed Abdeddaim., Ourida Lombarkia., Ali Bacha., Djamel Fahloul., Djoumana Abdeddaim., Radhia Farhat., **Mouni Saadoudi.**, Yassine Noui., Adel Lekbir., 2014.Biochemical characterisation and nutrition properties of *Zizyphus lotus* L. Fruits in aures region, northeastern of algeria. *Annals. Food Science and Technology*, **15(1)** : 75-81.

4-Soussene Boudraa., Djamel Fahloul., Driss Elothmani., Sara Zidani., **Moni Saadoudi.**, 2017. Effet of different drying methods contents and antioxydant activitiy of azaroles (*Crataegus azarolus* L.). *Annals. Food Science and Technology*, **18(1)** : 11-19.

5-Sara Zidani., Ourida Alloui Lombarkia., Soussene Boudraa., **Mouni Saadoudi.**, 2017. Effect of dehydration by microwave on the functional properties of the cultivavated apple in Algeria. *Annals. Food Science and Technology*, **18(3)** : 424-432.

6- **Saadoudi Mouni.**, Hambaba leila., Abdeddaim mohamed., Chebbi chahra., 2016. Antioxydant activity study of the methanol extract of the fruit of *Zizyphus lotus* L. Les 15^{èmes} journées internationales de biotechnologie.sousse.tunisie ,18-22 décembre 2016.

7-**Saadoudi mouni.**, Hambaba leila ., Abdeddaim mohamed., 2017. Quality characteristics of Madeleine made from wheat and Algerian jujube (Fruits of *Zizyphus lotus* L.). 1^{ère} journée nationale sur la nutrition et la sécurité alimentaire. Batna.Algérie ,4 décembre 2017.

8-**Saadoudi Mouni.**, Hambaba leila., Abdeddaim mohamed., 2017. Quality characteristics of Madeleine made from wheat and Algerian jujube (Fruits of *Zizyphus lotus* L.). Les 16^{èmes} journées internationales de biotechnologie.sousse.tunisie ,18-22 décembre 2017.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 ■ Arbre de <i>Zizyphus lotus</i> L.	08
Figure 2 ■ Fleurs de <i>Zizyphus lotus</i> L.	08
Figure 3 ■ Fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.	08
Figure 4 ■ Classification des biscuits	21
Figure 5 ■ Grandes étapes de fabrication des biscuits et gâteaux	29
Figure 6 ■ Organigramme de fabrication adopté des biscuits	32
Figure 7 ■ Symbiose des bactéries de yaourt	38
Figure 8 ■ Bactéries lactiques des yaourts.	38
Figure 9 ■ Diagramme de fabrication des yaourts	42
Figure 10 ■ Carte topographique de site de prélèvement.	51
Figure 11 ■ Représentation des parties du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	52
Figure 12 ■ Protocole de préparation de l'extrait méthanolique.	61
Figure 13 ■ Diagramme de fabrication adopté pour le biscuit à base de blé tendre et les formules aux poudres de jujubes.	66
Figure 14 ■ Diagramme de fabrication d'un yaourt aux poudres de jujubes.	68
Figure 15 ■ Teneurs en éléments minéraux de fruit de <i>Z.lotus</i> (mg/100g).	77
Figure 16 ■ Présentation des biscuits élaborés.	84
Figure 17 ■ Composition biochimique des biscuits élaborés.	85
Figure 17 ■ Profil sensoriels des biscuits enrichis sur 10 descripteurs	90
Figure 19 ■ Notes moyennes données pour la couleur, l'odeur, le goût sucré, le gout de farine, le gout de gras, l'arrière gout, la friabilité, la dureté et l'acceptabilité générale des biscuits avec de la farine de jujube et des biscuits témoins	91
Figure 20 ■ Variation des indices de couleur (L*,a*,b*) entre FWW,FWJ,WFJ,FJW et FJJ.	92
Figure 21 ■ Distribution des biscuits élaborés sur le cercle chromatique.	93

Figure 22 ■ Présentation des yaourts élaborés.	94
Figure 23 ■ Profil sensoriel des yaourts fabriqués et enrichis.	101
Figure 24 ■ Variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) entre YN, YJ6, YJ13 et YJ26.	102
Figure 25 ■ Distribution des yaourts élaborés sur le cercle chromatique	102

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1■ Teneurs en métabolites primaires exprimées en pourcentage de matière sèche	11
Tableau 2■ Composition biochimique (sucres) du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	11
Tableau 3■ Composition biochimique (sucres) du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	11
Tableau 4■ Composition en acides gras (g/100 g de lipides totaux) des différentes parties de <i>Zizyphus lotus</i> L.	12
Tableau 5■ Composition biochimique (en vitamines) de fruit de <i>Zizyphus lotus</i>	13
Tableau 6■ Composition en Poly phénols totaux, Flavonoïdes et tannins	14
Tableau 7■ Composition nutritionnelle des biscuits (pour 100g)	22
Tableau 8■ Composition des principaux types des biscuits	22
Tableau 9■ Contribution des biscuits aux apports nutritionnels	33
Tableau 10■ Réglementation concernant la quantité d'acide lactique ou le pH dans le yoghourt	36
Tableau 11 ■ Méthode d'enrichissement ou de standardisation du mélange du yaourt	43
Tableau 12 ■ Composition de différents types de yaourts	46
Tableau 13■ Composition du yaourt en quelques sels minéraux et vitamines	46
Tableau 14■ Recette d'un biscuit témoins et des biscuits formulés aux poudres de jujubes	64
Tableau 15■ Recette d'un yaourt nature et des yaourts aux poudres de jujubes (100g).	68
Tableau 16■ Analyses microbiologiques.	70
Tableau 17■ Caractérisation morphologique et physicochimique des fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.	72
Tableau 18 ■ Apport énergétique de la partie comestible des fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.	74
Tableau 19 ■ Caractérisation phytochimique du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	81
Tableau 20■ Composition biochimique des biscuits élaborés	84

Tableau 21 ■ Données du test de classement par rang d'acceptation des biscuits élaborés et enrichis	88
Tableau 22 ■ Résultats du test hédonique des biscuits élaborés et enrichis.	90
Tableau 23 ■ Variation des indices de couleur (L*,a*,b*) de biscuits élaborés .	92
Tableau 24 ■ Caractéristiques physico-chimiques des yaourts fabriqués (g/100g).	95
Tableau 25 ■ Teneurs en minéraux des yaourts fabriqués (mg/kg).	96
Tableau 26 ■ Données du test de classement par rang d'acceptation des yaourts élaborés et enrichis.	99
Tableau 27 ■ Résultats du test hédonique des yaourts fabriqués et enrichis	100
Tableau 28 ■ Variation des indices de couleur (L*,a*,b*) de yaourts élaborés.	101
Tableau 29 ■ Résultats des analyses microbiologiques	103

SOMMAIRE

Liste des publications

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

Partie I : Synthèse Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le fruit de *Zizyphus lotus* L.

1. Etymologie	06
2. Origine.....	06
3. Description botanique	06
4. Exigence climatiques de <i>Zizyphus lotus</i> L.	07
5. Situation Botanique	09
6. Autres espèces de <i>Zizyphus</i> à travers le monde	09
7. Aires de répartition dans le monde et en Algérie	10
7.1. Dans le monde	10
7.2. En Algérie	10
8. Etude de la composition chimique du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	11
9. Différentes utilisations du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	14
9.1. Utilisations alimentaires	14
9.2. Utilisations médicinales	15
9.3. Autres utilisations	17

Chapitre 2 : Les biscuits

1. Définition du biscuit.....	20
2. Classification des biscuits	20
3. Composition des biscuits.....	22
4. Effet des principaux ingrédients.....	23
4.1. La farine	23
4.2. La matière grasse	23
4.3. Le sucre.....	24
4.4. L'eau	24
4.5. Sel	25

4.6. Levures.....	25
5. Pâtes biscuitières et Cuisson	25
6. Technologie de fabrication des biscuits	28
6.1. Préparation des matières premières	29
6.2. Pétrissage	37
6.3. Laminage	38
6.4. Découpage	38
6.5. Cuisson.....	30
6.6. Refroidissement	31
6.7. Décoration.....	31
6.8. Conditionnement.....	31
7. Apport nutritionnel des biscuits	32
8. La filière biscuits en Algérie	33

Chapitre 3 : Le yaourt

1. Définition et réglementation.....	35
2. Matière première et les ingrédients	36
2.1. Lait	37
2.2. Ferments lactiques	37
2.2.1. Comportement associatif des deux souches.....	38
2.2.2. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt.....	39
2.3. Sucre	41
2.4. Fruits	41
2.5. Additifs alimentaires.....	41
3. Diagramme de fabrication du yaourt.....	42
3.1. Préparation et traitement du lait	43
3.2. Homogénéisation	44
3.3. Traitement thermique.....	44
3.4. Fermentation lactique.....	44
3.5. Conditionnement.....	45
5. Valeur nutritionnelle du yaourt	46
6. Intérêts nutritionnels et thérapeutique du yaourt	46

Partie II :Partie expérimentale

Chapitre 1 :Matériel et méthodes

1. Matériel végétal.....	51
1.1. Préparation des échantillons	52
2. Méthodes d'analyse.....	52
2.1. Caractérisation physique des fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.....	53
2.2. Caractérisation biochimique des fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.....	53
2.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	53
2.2.2. Détermination de la teneur en sucres totaux	54
2.2.3. Détermination de la valeur énergétique des sucres	55
2.2.4. Détermination de la teneur en cellulose brute.....	55
2.2.5. Détermination de la teneur en pectine.....	55
2.2.6. Détermination de la teneur en protéine	57
2.2.7. Détermination de la teneur en lipides	58
2.2.8. Détermination de la teneur en cendres	59
2.2.9. Dosage des éléments minéraux	60
2.3. Caractérisation phytochimique du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.....	60
2.3.1. Préparation de l'extrait méthanolique des fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.....	60
2.3.2. Détermination du rendement.....	61
2.3.3. Dosage des poly phénols totaux.....	61
2.3.4. Détermination de la teneur en flavonoïdes	61
2.3.5. Evaluation de l'activité antioxydante.....	63
3. Fabrication et caractérisation physico-chimique des biscuits formulés	64
3.1. Fabrication des biscuits.....	64
3.1.1. Diagramme de fabrication.....	64
3.2. Caractérisation biochimiques des biscuits.	66
3.3. Evaluation sensorielle	66
3.4. Détermination de la couleur des biscuits	67
4. Fabrication et caractérisation physico-chimique des yaourts.....	67
4.1. Fabrication des yaourts	67
4.2. Caractérisation physico-chimique des yaourts	69
4.3. Evaluation Sensorielle	69
4.4. Détermination de la couleur des yaourts.....	69

4.5. L'analyse microbiologique	69
5. Analyse statistique.....	70

Chapitre 2 :Résultats et discussion

1. Caractérisation morphologique et physicochimique du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	72
1.1. Caractérisation physiques des fruits de <i>Zizyphus lotus</i> L.	72
1.2. Caractérisation physicochimique du fruit de <i>Zizyphus lotus</i> L.	73
1.2.1. Teneur en eau	73
1.2.2. Teneur en sucres totaux.....	73
1.2.3. Valeur énergétique	74
1.2.4. Teneur en cellulose	74
1.2.5. Teneur en pectine	75
1.2.6. Teneur en protéine	75
1.2.7. Teneur en matière grasse.....	76
1.2.8. Teneur en cendres	76
1.2.9. Teneurs en éléments minéraux	77
1.2.9.1. Eléments majeurs	77
1.2.9.1.1 Teneur en phosphore	77
1.2.9.1.2. Teneur en calcium	78
1.2.9.1.3. Teneur en magnésium	78
1.2.9.1.4. Teneur en sodium	79
1.2.9.1.5. Teneur en potassium.....	79
1.2.9.2. Eléments mineurs« oligo-éléments »	79
1.2.9.2.1. Teneur en cuivre.....	79
1.2.9.2.2. Teneur en Fer.....	80
1.2.9.2.3. Teneur en manganèse	80
1.2.9.2.4. Teneur en Zinc.....	80
1.3. Caractérisation phytochimique	81
1.3.1. Rendement d'extraction	81
1.3.2. Les poly phénols totaux	82
1.3.4. Activité antioxydante	83
2. Fabrication des biscuits	83
2.1. Caractérisation physicochimique des biscuits élaborés	84

2.1.1. Teneurs en eau	85
2.1.2. Teneur en sucres.....	86
2.1.3. Valeur énergétique	86
2.1.4. Teneur en lipide	86
2.1.5. Teneur en protéine	87
2.1.6. Teneur en cendres	87
2.2. Analyse sensorielle des biscuits élaborés	88
2.2.1. Test d'acceptation (classement par rang d'acceptation)	88
2.2.2. Test hédonique	89
2.3. Couleur.....	92
3. Fabrication du yaourt	94
3.1. Caractérisation physico-chimiques des yaourts	94
3.2. Analyse sensorielle	98
3.2.1. Test de classement	98
3.2.2. Test hédonique	100
3.3. Couleur	101
3.4. Analyse microbiologique.....	103
Conclusion générale.....	105
Références bibliographiques.....	108
Annexes	

Introduction

Introduction

Ces dernières années ont connu une exploitation appréciable des plantes, les fruits notamment. Ces derniers suscitent un intérêt de plus en plus croissant aussi bien chez les consommateurs que chez les diététiciens et les nutritionnistes. Ils servent, en outre, à l'élaboration des produits alimentaires de grande valeur énergétique et diététique : « yaourt, biscuits, farine pour bébés, confitures, marmelades, crème dessert etc. ».

Le fruit étudié dans notre présent travail est le fruit de *Zizyphus lotus*. Le fruit du jujubier, le jujube, est d'utilisation ancienne dans la zone où l'arbre pousse naturellement et où il est cultivé d'Afrique du Nord au Japon.

Les jujubes sont des fruits de texture farineuse, ils renferment une teneur en sucres totaux importants (10% de la pulpe sèche), une teneur en eau de 12% (**Abdeddaim, 2016**), ils sont en revanche pauvres en protéines (1,18%) (**Abdeddaim et al., 2014**). Le fruit de *Zizyphus lotus* contient pratiquement la plupart des éléments minéraux (le Zinc, Calcium, le fer, le cobalt, le Magnésium, le plomb, etc) (**Boudraa et al., 2010**), il est riche aussi en vitamines (la vitamine C, la thiamine, la biotine, la pyridoxine, la vitamine A) (**Boudraa et al., 2010**). Il renferme également une teneur importante en fibres, la cellulose et la pectine (4,84% et 2,07%) (**Saadoudi, 2008**). Ces dernières ont un effet bénéfique sur la santé humaine, les fibres facilitent le transit intestinal et exercent un rôle préventif sur les cancers colorectaux, les appendicites, la diverticulose, les varices, les hémorroïdes, les diabètes et l'hypertension. Le fruit est également riche en poly phénols (**Djemai Zoughlache, 2009**), ces derniers jouent un rôle important dans le corps : ils ont des effets anti-inflammatoire, antioxydant, hypotensif. En outre, ils renforcent le système immunitaire.

Ces fruits se rencontrent à l'état spontané et s'adaptent aux multiples sols et climats. Ils sont très appréciés par la population algérienne et notamment les enfants, leur consommation reste cependant saisonnière alors qu'il est possible d'en obtenir de nombreux dérivés alimentaires et/ou non alimentaires.

Notons que les produits à base des jujubes ont été déjà élaborés. On citera à ce titre la confiture et le sirop (**Raïssaisie et Bouhache, 2002**), la liqueur (**Brosse,**

2000), le pain appelé Oufers (**Raissaisie et Bouhache, 2002**), il est aussi utilisé comme additif, composés aromatiques pour des milliers d'années (**Adzu et al., 2003**).

Il est bien connu que les produits alimentaires, comme le yaourt et le biscuit sont des aliments de grande consommation dans beaucoup de pays et d'une grande valeur énergétique, l'évolution actuelle du marché des produits alimentaires incite l'industrie de la transformation à élaborer sans cesse de nouveaux produits. Le yaourt et le biscuit sont des produits le plus vendu sur le marché du fait de la diversification de la gamme disponible :les yaourts réduits en matière grasse, les yaourts probiotiques ,mousse de yaourt, biscuits pâtisseries, les biscuits sans gluten ,les biscuits réduits en matière grasse, les biscuits moelleux etc .

L'inclination des consommateurs pour des produits allégés en matière grasse et en sucres, enrichis en polyphénols, enrichis en minéraux a stimulé l'utilisation d'ingrédients tels que les édulcorants, les sucres d'origine naturelle, les arômes et les colorants naturels. Notons à ce sujet, que la formulation de nouveaux aliments reste à ce jour empirique et par voie de conséquence longue et coûteuse.

De nombreuses recherches ont été conduites sur l'enrichissement des yaourts avec la mangue (**Singh et al., 2008**) .des yaourts à forte polyphénols ont été fabriqués et fortifiés avec la poudre de raisin (**karaaslan et al., 2011**) ou l'huile de romarin(**Ghalem et Benattouche, 2013**),des yaourts avec l'oméga 3 par l'addition de l'huile de poisson(**Tamijidi et al ., 2012**),**Espirito-santo et al., 2013**,par contre, étudié l'effet de l'addition de fibre de fruit de la passion sur la formation de lactosérum.par ailleurs, Sadghi et al,2017,ont analysé l'effet de l'addition de brocoli sur l'activité de *Helicobacter pulori* (**Sadeghi et al., 2017**).

En parallèle, de nombreuses recherches ont été conduites sur l'enrichissement des biscuits avec du moringa, de la spiruline, de la patate douce à chair orange et d'un complexe minéral et vitaminique destinés aux jeunes enfants (**Laurencia Touloumé et al., 2016**). Des biscuits avec le germe de blé (**Khaled et Angor, 2017**). Des biscuits ont été produits à partir de la farine de cossettes de patate douce à chair orange (**Kabore Nèbpawindé, 2012**). Par contre, **Narsing et al., 2017** , ont étudié les effets de l'addition de l'épinard sur la qualité nutritionnelle , la texture et les propriétés sensorielles des biscuits. **Islam et al., (2012)** ont étudié, par contre ,l'effet de l'addition de la poudre de citrouille sur les caractéristiques sensorielles de biscuit. Par ailleurs, **Grah et al., (2014)**,ont incorporé la poudre de lentille comme complément alimentaire d'un biscuit. **Ajibola et al.,2015**, ont analysé l'effet de

l'addition de feuille de morinaga et de la poudre de cacao sur la teneur de biscuits en antioxydants .

Ce travail de thèse rentre dans cette optique, et porte sur la valorisation des jujubes l'objectif étant leur éventuelle transformation en poudre .cette poudre sera utilise comme ingrédient d'enrichissement d'un yaourt et de biscuit.

Pour atteindre cet objectif principal, ce travail de thèse se donne les objectifs suivants :

- Mettre au point de nouveaux produits à haute valeur ajoutée (farine, biscuit et yaourt).
- Déterminer l'influence du taux de substitution sur les propriétés physico-chimiques et organoleptiques des biscuits et des yaourts composés.
- Substitution du sucre cristallisé, d'autant plus qu'environ 25% de matière sèche des jujubes sont des sucres.
- Substitution des arômes artificiels habituellement ajoutés aux yaourts et biscuits
- Enrichissement des yaourts et des biscuits ainsi élaborés par les minéraux (Fer,Mg,Mn,k..),par les acides aminés et leur polyphénols.

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce mémoire vise une caractérisation biochimique des fruits de *Zizyphus lotus* L. Quatre formulations de yaourts et cinq recettes de biscuits à base de poudres issues de jujubes ont été élaborées. Une caractérisation physico-chimique a été mise en œuvre. L'impact de la poudre de jujubes sur la texture, la couleur et le goût des yaourts et des biscuits obtenus a été en outre étudié par comparaison avec un yaourt et un biscuit industriels standards.

La première partie de ce manuscrit est consacrée à la description des données bibliographiques sur le fruit de *Zizyphus lotus*, le yaourt et des biscuits. La seconde partie se focalisera sur la méthodologie. Les résultats obtenus sont comparés et discutés. Enfin, la dernière partie est consacrée à la conclusion générale et aux perspectives.

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 :
Généralités sur le fruit de
Zizyphus lotus L.

***Zizyphus lotus* L.**

1. Etymologie

Zizyphus proviendrait de zizouf, nom arabe de *Zizyphus lotus* (**Garnier et al ., 1961**). Son nom zizyphus vient de latin, il aurait pour origine un mot arabe «zizouf » (**Belouad, 1998 ;Catoire et al., 1999**).

Zizyphus : désignant l'arbre et son fruit.

lotus : désigne des plantes de la famille des légumineuses (**Couplan, 2000**).

Le *Zizyphus lotus* appelé également jujubier des Lotophages ou jujubier de Berbéris pousse sur les rives sud de la méditerranée jusqu'au Afghanistan et communément appelé en Algérie « *Sedra, azuggwar* » (**Espiard, 2002**).

C'est le Sedra des Arabes, le Tazoura des Berbères (**Chevallier, 2016**).

2. Origine

Depuis une époque fort ancienne, vers 2000 ans avant Jésus Christ, le jujubier arrive de Chine en Méditerranée (**Brosse, 2000**). Le jujubier est originaire de la Chine (**Corbin, 1989 ;Aymonin, 1993 ; Brosse, 2000 ; Espiard, 2002 ; Su et LiuScientia, 2005**).

Ensuite, il s'est répandu en Algérie, Tunisie, Italie, Espagne, et partout dans le méridional, en France. On trouve localement des cultures résiduelles surtout en province. (**Catoire et al ., 1994**).

Il semble cependant qu'il soit originaire de l'Inde (**Aymonin, 1993 ; Brosse, 2000**).

Cette espèce est d'origine méditerranéenne (**Kotb, 1985 ;Benchelah et al.,2004**).

Aujourd'hui, il est réparti en Algérie, Tunisie, en Espagne, dans le sud de l'Italie et dans le midi de l'Europe (**Catoire et al.,1994**).

3. Description botanique

Le *Zizyphus lotus* (jujubier) est un arbuste fruitier, épineux appartenant à la famille des Rhamnaceae (**Rsaissi et Bouchache, 2002**). Il forme des buissons ne dépassant pas 2.5 m à rameaux flexueux, très épineux gris blanc poussant en zigzag (**Claudine, 2007**).

Les feuilles sont petites, courtes et ovales plus au moins elliptiques de 1 à 2 cm de longueur et de 7 mm de largeur, solitaires ou groupées avec un seul pédicelle court ; à calice en forme d'entonnoir, pentamère ; à petite corolle à cinq pétales ; à cinq étamines épipétales ; à deux styles courts (**Bayer et Butter., 2000 ; Ghedira,2013**).

Les fruits sont des drupes sphériques dont les noyaux osseux biloculaires, petits et ronds sont recouverts d'une pulpe demi-charnue, très vite sèche, riche en sucre (**Figure 3**).

Enveloppant un petit noyau de 4 à 5 mm de diamètre (**Burrow, 2005**). Son noyau est soudé en une seule masse (**Ozenda, 1977**), et il contient 2 graines (**Ghost et Lysias, 2007**).

Le jujubier entre en dormance du mois d'octobre jusqu'au mois de mars. Il fleurit au mois de mai et donne des fruits au mois d'Août (**Gorai et al., 2010 ; Maraghni et nafati, 2014 ; Hammi et al., 2015**). Cet arbrisseau a une croissance très lente et commence à porter des fruits vers l'âge de 4 ans. Ils peuvent continuer à paraître vers 20 à 25 ans (**Bonnet, 2001**).

4. Exigence climatiques de *Zizyphus lotus* L.

Zizyphus lotus L. ; un exemple extraordinaire de plantes pérennes à usages multiples dans les zones arides et semi-arides voire même désertiques de presque tous les continents grâce à leur capacité de résistance à la sécheresse, l'aire naturelle de la majorité des jujubiers se situant entre 20° et 30° de latitude, c'est une zone qui est caractérisée par des climats chauds et secs et où sont localisés la majorité des déserts du globe.

Les jujubiers subsistent bien dans les environnements arides grâce à leurs mécanismes physiologique et morphologique d'adaptation (**Reich, 1991; Arndt et al., 2001; Clifford et al., 1998 ; Lamourri et al., 2008**). Ils jouent un rôle très important dans la conservation des sols grâce à leurs systèmes racinaires profonds et vigoureux qui permettent une stabilisation des substrats et protègent ceux-ci contre l'érosion. *Z. lotus* aime la chaleur et craint le froid mais il s'est acclimaté dans la région méditerranéenne. Il craint, par contre, les terrains compacts et humides (**Aymonin, 1993**). Il supporte la sécheresse et l'irradiation (**Su et LiuScientia, 2005**).



Figure 1 ■ Arbre de *Zizyphus lotus* L.(Disponible sur <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/details.php?langue=fr&id=196051> .consulté le30/09/2017).



Figure 2 ■ Fleurs de *Zizyphus lotus* L.(Disponible sur <https://www.sahara-nature.com/plantes.php?aff=imprim&plante=zizyphus%20lotus>. Consulté le 30/09/2017).



Figure 3 ■ Fruits de *Zizyphus lotus* L.(Disponible sur <http://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-73244-illustrations> Consulté le 30/09/2017).

5. Situation botanique

Selon **Jacamon (1992)**, le jujubier est classé comme suit :

Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Rosidae
Ordre :	Rhamnales
Famille :	Rhamnacées
Genre :	<i>Zizyphus</i>
Espèce :	<i>Zizyphus lotus</i> L.

6. Autres espèces de *Zizyphus* à travers le monde

Il existe environ 122 espèces de ce genre dont voici quelques un :

- *Zizyphus spina christi* (Linné) C'est un arbuste, très épineux avec des rameaux flexibles, grêle disposé en zigzag (**Lemoine, 2005**), pouvant atteindre 6 m ; à feuilles ovales glauques et à petits fruits globuleux, plus ou moins ovoïdes (d'environ 15 mm), à pulpe charnue comestible. Il est cultivé en Inde, Pakistan, Syrie, Egypte, Tunisie, et dans les oasis sahariennes. des fruits arrondis de la grosseur d'une noix (**Sira haby, 2005**).
- *Zizyphus joazeiro* (Martius) Originaire du Brésil, le *Zizyphus joazeiro* est un arbre à rameaux épineux, à feuilles vertes foncées avec des fruits ronds d'environ 3 cm de diamètre qui sont jaunes à maturité.
- *Zizyphus Mauritiana* L. : jujubier indien c'est un arbuste à rameaux cotonneux et à feuilles tomenteuses dessous ; fruits très petits (**Yi-ling et Pan-Kai, 1982; Catoire et al., 1999**).
- *Zizyphus spina-christi* L. Wild. : Arbuste épineux et sarmenteux, buisson ou petit arbre de 4 à 10 mètres .Il est cultivé en Inde, Pakistan, Syrie, Egypte, Tunisie, et dans les oasis sahariennes. C'est un grand arbrisseau pouvant atteindre 15 m à 20 m de haut avec de grandes feuilles vertes persistantes et des fruits arrondis de la grosseur d'une noix (**Sira haby, 2005**).
- *Zizyphus mucronata* (willd.) C'est une espèce assez commune et disséminée dans les savanes soudaniennes et sahélo-soudaniennes le long des berges de rivière. C'est un arbuste plus ou moins sarmenteux, avec une écorce lisse ou crevassée grise et des épines. Les feuilles sont alternes ovales à bord crénelé (**Malgras, 1992**).

7. Aires de répartition de fruit de *Zizyphus lotus* dans le monde et en Algérie

7.1. Dans le monde

Le genre *Zizyphus* renferme environ 50 espèces dans les régions tropicales et subtropicales (Brosse, 2000 ; Li et al., 20067). Il occupe une vaste aire de répartition allant du continent asiatique en passant par le bassin méditerranéen jusqu'à atteindre le continent américain (Laamouri et al.,2008).*Zizyphus lotus* (L.) Desf. est une espèce méditerranéenne avec une faible pénétration dans le Sahara septentrional : Maroc, Algérie, Tunisie, Libye. Elle réapparaît ensuite au Yémen, dans l'île de Socotra, au Moyen-Orient : en Palestine, en Syrie, en Turquie et à Chypre. On la retrouve enfin en Grèce, en Sicile , en Espagne méridionale en Corée du Sud (Quezel,1963 ; Richardso et al .,2004 ; Si Benasseur, 2005; Gorai et al .2010 ; Adeli et Samavati .,2015).

Il occupe l'aire géographique du Maroc à l'Afghanistan et de l'Afghanistan jusqu'à la chine, Il est répandu en Mali, Niger, Burkina Faso et Sénégal (Blank,2001 ;Ouedraogol et al., 2006).

En afrique, *Z.lotus* est largement distribué dans la région méditerranéenne, comme l'Algérie, le Maroc, la Tunisie et la Libye(Hammi et al., 2015;Souleyman ,2016).

En Tunisie, le jujubier est très abondant dans les régions du Centre où il constitue le scrub (brousse, broussailles élevées) à jujubier (Ghedira,2013).

7.2. En Algérie

Commun dans toute l'Algérie et le Sahara septentrional, sauf dans le Tell Algéro-constantinois.il est présent surtout sur les Hautes plaines steppiques, l'Atlas saharien et jusqu'au Sahara septentrional; en Oranie, il existe jusqu'au voisinage de la mer. Au Sahara septentrional, il prospère dans les lits d'oueds et berges sableux graveleux, et pousse également dans les ravins pierreux et les pentes rocheuses (Quezel et Santa, 1962).

Zizyphus lotus L. est très répandu dans les régions arides d'Algérie du Sud, Ain Ouessara et Maessad (willaya de Djelfa) à climat aride et Taghit wilaya de Bechar au climat saharien . On peut donner quelques appellations, en Français : jujubier, dindonnier ; en Italien : ginggido; en arabe : sedra, djerdjjer, azar, n'beg (Benammar ,2010).

8. Etude de la composition chimique du fruit de *Zizyphus lotus* L.

Nutritionnellement, le fruit de jujubier est plus riche que la pomme dans la teneur en protéine, le phosphore, le calcium, le carotène et la vitamine C (Saran *et al.*, 2006).

Les travaux de Singh *et al.* (1998) ; Ourzeddine (2017), montrent que les jujubes sont riches en acide ascorbique, les sucres, les acides aminés, le phosphore et le Fer

➤ Métabolites primaires

▪ La fraction glucidique

Les fruits mûrs contiennent 81 à 97% de pulpe (Pareek, 2002) ; cette dernière est très riche en substances nutritives : 12,8 à 13,6% de carbohydrates qui sont classés comme suit : 5,6% de saccharose, 1,5% de glucose, 2,1% de fructose et 1% d'amidon (Ferhat, 2008).

Tableau 1 Teneurs en métabolites primaires exprimées en pourcentage de matière sèche.

	Humidité	Sucres	Protéines	Lipides	Cendres	Fibres	Références
<i>Z. lotus</i> (pulpe)	12.27%	10.55%	3.80%	01.32%	03.28%	08.41%	(Abdeddaim, 2016)
	08.90%	26.00%	02.10%	0.90%	03.44%	28.00%	(Ghalem, 2014)

Tableau 2 Composition biochimique (sucres) du fruit de *Zizyphus lotus* L. (Jawanda *et al.*, 1981).

Fraction	Teneur %
Carbohydrates	12.80 à 13.6
Saccharose	5.6
Glucose	1.5
Fructose	2.1
Amidon	1

Tableau 3 Composition biochimique (sucres) du fruit de *Zizyphus lotus* L. (Abdeddaim *et al.*, 2014).

Fraction	Teneur (g /100g MS)
Sucres solubles	10.55
Sucres réducteurs	02.50
Saccharose	08.05
Cellulose	04.84
Pectine	02.07

La pectine extraite de la pulpe contient du D-Galactose, 2,3,6 trio-acétyl, ce qui lui confère des propriétés anti-diarrhéiques et permet d'abaisser le taux de cholestérol du plasma (Tomoda *et al.*, 1985).

il est noté une forte présence des composés réducteurs dans la pulpe de *Zizyphus lotus* (Ghalem, 2014).

▪ **La fraction lipidique :**

Les AGI comportent des acides gras monoinsaturés (AGMI) avec un pourcentage de 43.84% pour la pulpe de *Zizyphus lotus* et des acides gras polyinsaturés (AGPI) avec des pourcentages 23.88% pour la pulpe *Zizyphus lotus* (Ghalem ,2014).

Les AGI comportent des acides gras mono insaturés (AGMI) avec un pourcentage de 43.84% pour la pulpe de *Zizyphus lotus*. Et des acides gras polyinsaturés (AGPI) avec des pourcentages 23.88% pour la pulpe *Zizyphus lotus* (Tableaux 4).

Tableau 4■Composition en acides gras (g/100 g de lipides totaux) des différentes parties de *Zizyphus lotus* L. (Ghalem, 2014).

Acide gras	Pulpe
Acide myristique	2,79
A. palmitique	27,82
A. stéarique	3,96
A. arachidique	0,97
A. béhénique	1,93
A. lignocérique	1,57
AGS	39.03
A. Palmitoléique	5,93
A. Oléique	28,95
A.Gondoique	1,23
A. érucique	2,81
A. nervonique	0,53
AGMI	39.45
A. Linoléique	9,30
A.α- linoléinique	7,82
A. eicosadiénoïque	3,45
A. docosatétraénoïque	0,46
A.docosahéxaénoïque (DHA)	0,49
AGPI	21,50
AGI	60,96

Goncharova et al. (1990), ont déduit que l'huile extraite du péricarpe est prédominée par l'acide palmitoléique (C16 : 1Δ⁹).

▪ **La fraction protéique :**

Le profil des acides aminés a révélé la présence de cystéine, de glycine, d'arginine, de sérine, de leucine, d'histidine et de l'alanine dans la pulpe des jujubes (Abdeddaim et al., 2014).

Les acides aminés suivants : asparagine, arginine, acide glutamique, acide

aspartique, glycine, sérine et thréonine sont retrouvés dans la pulpe de jujube (Ferhat, 2008).

On trouve dans la pulpe les acides aminés suivants : asparagine, arginine, acide glutamique, acide aspartique, glycine et thréonine (Bal, 1981).

▪ **La fraction minérale**

Selon **Abdeddaim et al. (2014)**, le fruit de *Zizyphus lotus* contenait des minéraux à 3.28 % de fruit sec. Cette matière minérale est composée de calcium (490.84 mg/100g), magnésium (397.91 mg/100g), potassium (134.99 mg/100g), sodium (11.45 mg/100g) et phosphore (10.62 mg/100g).

▪ **La fraction vitaminique**

Tableau 5 ■ Composition biochimique (en vitamines) de fruit de *Zizyphus lotus* L. (Abdeddaim, 2016).

Constituants	Teneur(en mg/100g MF)
Vitamine liposolubles	
Vitamines E	0.97
Vitamines provitamine A	1.47
Vitamines hydrosolubles	
Vitamines C	5.67
Vitamine B1	0.0039
Vitamine B6	0.0038
Vitamine B8	0.15

- Le jujube est parmi les fruits les plus riches en vitamine C (Chen, 1983 ; Su et Liu, 2004).
- La pulpe des jujubes présente une teneur en vitamine C par rapport aux autres parties de jujubier (Abdoul –azize et al., 2013).
- Le fruit constitue une source importante de vitamine C et de vitamine A (Bal et al., 1978 ; Bal, 1981).

➤ **Métabolites secondaires**

- Les fruits de Jujube contiennent une quantité considérable de composés phénoliques, y compris l'acide chlorogénique, l'acide gallicique, l'acide protocatechique et l'acide caféique (Zhang et al., 2010).

- Le Jujube e contient des phénol, des flavonoïdes et des tannins ce qui explique leur forte activité antibactérienne (**Rsaissi et Bouhache , 2002**).
- Le fruit de *zizyphus lotus* est riche en flavonoïdes (**Borgi et al., 2008 ; Jiang et al., 2007 ; Zhao et al., 2007**).
- Les jujubes contiennent des flavonoïdes, les alcaloïdes et les coumarines(**Griffiths et Lawes,2006**). contient des alcaloïdes cyclopeptides (**Ghedira et al .,1993 ;1994 ; Le croueour et al., 2002**) et des saponines de dammarane ont été isolées de cet arbuste (**Renault et al., 1998**).
- un nouveau glycoside flavonoïde à été isolé à partir de jujube (**Maciuk et al ., 2004**).
- Les fruits de *Zizyphus lotus* L. sont bien connus par leur richesse en alcaloïdes, flavonoïdes, stérols et les tanins (**Rais et al ., 2017**).

Tableau 6■ Composition en Poly phénols totaux, Flavonoïdes et tannins (**Rsaissi et al., 2013**) .

	Polyphénols totaux ($\mu\text{g EGA/ mg MS}$)	Flavonoïdes ($\mu\text{g EQA/ mg MS}$)	Tannins ($\mu\text{g ECT/ mg MS}$)
Extraction méthanolique	1.26	0.73	7.53

EGA: Equivalent de l'acide gallique; EQE: Equivalent de la quercétine , ECT: Equivalent de la catéchine.

9. Différentes utilisations du fruit de *Zizyphus lotus* L.

9.1. Utilisations alimentaires

- Les jujubes se consomment de différentes manières.ils sont consommés comme aliments frais, conservés, secs, ou utilisés en confiserie et pâtisserie, et leur jus utilisé pour la préparation de boissons rafraichissantes (**Adzu et al.,2003 ;Lahlou et al., 2002**).
- En inde, les jujubes sont séchés, confits ou transformés en conserves (**Ahmad et al., 2003**).
- Dans le sud est asiatique, il mange les fruits avec du sel (**Espiard, 2002**).
- Les jujubes acides sont utilisés pour les préparations de chutneys et de condiments (**Blancke, 2001**).
- En France, une liqueur fermentée préparée à partir de la pulpe de jujube est utilisée comme boisson (**Brosse, 2000**).
- Il est généralement utilisé comme nourriture, additifs et composés aromatiques pour des milliers d'années (**Adzu et al., 2003**).

- Certains ateliers artisanaux produisent des grosses jujubes confites et séchées, ou simplement séchées (**Espiard, 2002**).
- Le fruit se dessèche sur l'arbre et constitue une réserve alimentaire pour les nomades au même titre que la datte (**Blancke, 2001**).
- Les jujubes se consomment frais pour leurs valeurs nutritives (**Sudhersan et Hussain, 2003**) car ils permettent la prise de poids et agissent sur la performance des muscles (**Chevallier, 2016**).
- En Inde, les fruits mûrs sont utilisés pour la préparation des produits secs semblables à ceux de la datte sèche ; ils sont consommés en hiver comme un dessert savoureux (**Parrek, 2002**).
- En Chine, les jujubes sont consommés glacés ou avec du thé et très utilisés pour la fabrication du vin (**Sudhersan et Hussain, 2003 ; Ghost et Lysias, 2007**).
- En Tunisie, le fruit ou Nbeg est apprécié autant comme friandise que comme aliment (**Le – Floc'h, 1983**).
- les fruits sont séchés et réduits en une farine dont on fait une Zemmita, d'un goût agréable et succulent ou de s galettes de saveur très agréable (**Ghedira, 2013**).
- les Machyles, partageaient leur goût pour ces fruits sauvages et savaient préparer une boisson fermentée mais celle-ci ne se conservait pas.
- En période de famine, les nomades touaregs pilent les fruits avec leurs noyaux pour les réduire en poudre, humectée d'un peu d'eau. Le noyau fournit une amande consommée parfois crue, parfois rôtie en galette appelée awfar (**Gast et Chaker, 2004**).
- Son fruit entrainait dans la diététique pharaonique. Les fruits ont été quelque fois transformés en un pain (**Goetz, 2009**).
- Le miel issu du butinage de ses fleurs est un miel de haute qualité nutritive agréable et médicinale (**Ghaszanfer, 1994**).

9.2. Utilisations médicinales

- Les fruits, les feuilles, les racines, l'écorce des jujubes sont connues depuis longtemps en médecine traditionnelle (**Belford, 1994; Croueour et al., 2002; Abdel-Zaher et al., 2005; Li et al., 2005 ; San et Nurhan Yildirim, 2010**).
- Certaines parties de *Zizyphus* ont été utilisées par la médecine traditionnelle et ancestrale pour le traitement de la pathologie beaucoup plus, y compris les troubles

digestifs, la faiblesse, les plaintes de foie, la fièvre, l'obésité, le diabète, l'insomnie, les troubles urinaires, les infections cutanées et la diarrhée (**Abu-Zarga et al., 1995; Suksamrarn et al., 2005; Jiang et al., 2007; Abalaka et al., 2010; Hammi et al., 2016; Saiah et al., 2016**).

- *Zizyphus* est employé dans la médecine traditionnelle tunisienne et marocaine pour ses propriétés antidiabétiques, antimicrobiennes, antipyrétique, tonique, curatif et antiviral (**Ghedira et al., 1993; Le Croueour et al., 2002; Nazif, 2002; Lahlou et al., 2002; Hseini et Kahouadji, 2007; Borgi et al., 2008; Borgi et Chouchane, 2009**).
- En décoction, les jujubes fournissent une tisane calmante et adoucissante utilisée contre les irritations, en particulier pulmonaire (**Brosse, 2000**).
- les fruits de *Zizyphus* sont employés dans le traitement de la dysenterie, la bronchite et la tuberculose (**Nazif, 2006**).
- *Z. lotus* est un arbuste utilisé pour traiter les maux de gorge, atténuer le stress et aide dans les rhumes (**Borgi et al., 2008; Mahboba et al., 2010**).
- Selon Younos. (2008), le fruit est utilisé en infusion comme laxatif léger (enfants qui ont la rougeole). La médecine arabe utilise le fruit du jujubier (nbag, nebeg) dans les fièvres, les plaies et ulcères, dans les inflammations et dans l'asthme, mais aussi en ophtalmologie et comme dépuratif. En Tunisie la graine de nebg est employée comme tonifiant (**Goetz, 2009**).
- Les fruits sont employés dans les maladies d'estomac, des maladies cardiovasculaires, neurologiques et chroniques en Chine (**Gusakova et al., 1999**).
- les fruits sont revendiqués pour purifier le sang et aide la digestion (**Adeli et Samavati, 2015**).
- les fruits et les feuilles sont utilisées comme émollient et dans le traitement de la diarrhée et les maladies intestinales (**Boukef, 1968; Le – Floc'h, 1983**).
- Un mélange des feuilles sèches et du fruit est impliqué dans le traitement des furoncles (**Ghedira et al., 1993**).
- Les fruits à lotus possèdent une activité antifongique et molluscicide (**Bakhtaoui et al., 2014**).
- En outre, l'anti-inflammatoire, analgésique, anti-ulcérogène et les activités anti-spasmodiques de cette plante ont été démontrées chez les rongeurs (**Borgi et al., 2007; Borgi et al., 2009**).

- Les extraits butanoliques des feuilles ont des effets hypoglycémiques , insulinothérapeutiques , et soigner les blessures vu leur activité antiseptique (**Epfrain et al., 1998 ; Adzu et al., 2002 ; Abdel-Zaher et al., 2005 ; Boulanouara et al ., 2013**).
- Les feuilles de *Zizyphus lotus* sont utilisées contre les piqures de vipères au Sahara (**Benchalah et al., 2004**).
- L'infusion des fleurs est utilisée comme un fébrifuge et un désinfectant pour les yeux (**Hutchens, 1973**).
- La décoction des feuilles est également utilisée pour les soins des cheveux (**Bakhtaoui et al ., 2014**).
- Selon **Bellakhdar.(1997)**, les jujubes sont considérés comme fébrifuges, tonifiants et revigorants, justifiant leur emploi dans la convalescence. Au Sahara occidental, elles ont gardé encore la réputation d'être antivarioliques et actives contre la rougeole.
- Dans le sud marocain, cette espèce est indiquée contre les furoncles, les abcès et le traitement de l'ulcère gastrique (**Bakhtaoui et al ., 2014**).
- En Chine, des cobayes alimentés avec une décoction de jujubes ont pris du poids et accru leur endurance. En outre douze patients ont reçu, lors d'un test clinique, une alimentation à base de jujubes, de cacahuètes et de sucre brun : au bout de quatre semaines, on a constaté une nette amélioration de leur état (**Iserin, 2001**).
- Par ailleurs, la cendre de bois, additionnée de vinaigre, constitue un traitement local des morsures de serpent (**Bellakhdar , 1978**).
- L'écorce bouillie est employée pour traiter les maladies vénériennes (**Sudhersan et Hussain, 2003**). Son extrait a une bonne activité anti-stéroïdogénique (**Gupta et al., 2004**).
- L'extrait aqueux des graines possède une activité sédative douce (**Morishita et al., 1987**), utilisé pour le traitement de l'insomnie (**Tanaka et Sanada, 1991**) ; leur poudre mélangée avec du citron est conseillée pour les problèmes du foie (**Hutchens, 1973**).

9.3. Autres utilisations

- Les feuilles sont utilisées pour laver les cheveux en Arabie Orientale ou employées comme un excellent fourrage pour les chameaux et les chèvres (**Diskon, 1995 ; Tripathi et al., 2004**).

- Les rameaux secs et épineux du jujubier sont utilisé pour former des clôtures défensives (**Adzu et al., 2002**).

Chapitre 2 : Les biscuits

1. Définition du biscuit

L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. A ses débuts, le biscuit étant en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans des compartiments au-dessus du four ou dans une étuve pour terminer l'évaporation de son humidité (**Kiger et Kiger, 1967 ; Menard et al., 1992**).

Selon **Manely.(1998)**, Les biscuits aussi sont de petits produits cuits principalement à partir de farine, de sucre et de matières grasses. Ils ont généralement une teneur en humidité inférieure à 4% et, lorsqu'ils sont emballés dans des contenants d'humidité, ils ont une longue durée de conservation, peut-être six mois ou plus.

Il n'existe pas de définition légale des produits de viennoiserie, selon le conseil économique et social (**Feillet, 2000 ; Manley, 1998**). Le nom « biscuit » vient du latin où « biscoctus » signifie cuit deux fois. Il y a aussi un vieux mot français « bescoil » qui a une signification similaire (**Manley, 1998 ; Manley, 2011**).

C'est aux français que revient la désignation du terme « biscuit », signifiant « bi-cuire », c'est-à-dire cuire deux fois. En effet, le procédé exigeait que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité (**Boudreau et Ménard, 1992**).

Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il est plus juste d'entendre le terme biscuit par « bien cuit » (**Kiger et Kiger, 1967 ; Pedersen et al., 2004**). A ce biscuit peut être attribuée la définition suivante : "C'est un aliment à base de farines alimentaires, de matière sucrantes, de matière grasse et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle)" (**Kiger et Kiger, 1967 ; Mohtedji-lambalais, 1989**).

2. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (**Kiger et Kiger, 1967 ; Mohtedji-Lombalais, 1989 ; Feillet, 2000**).

- Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits.

- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que les boudoirs, les langues de chat et d'articles moelleux tels que les génoises, les madeleines, les cakes, les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.

-Les pâtes ayant une forte teneur en lait ou en eau contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et en fin la cuisson et le refroidissement des biscuits (**Maache-Rezzoug et al., 1998b ; Manohar et Rao, 2002**).

Le biscuit offre une large palette de recettes provenant de nos traditions culinaires présenté dans la figure 4

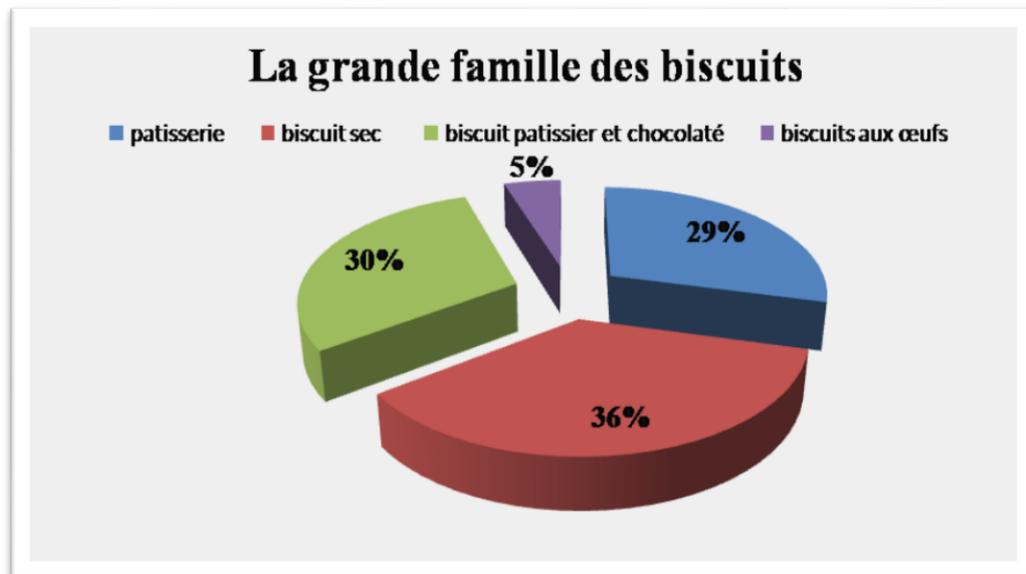


Figure 4 ■ Classification des biscuits (**Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2007**).

Selon Le programme National de Nutrition Santé (2007), (PNNS), les biscuits sont surtout classés en fonction de leur activité d'eau. En cela, les biscuits sont classés en trois catégories : -Les biscuits secs : activité d'eau (A.W) compris entre 0.05 et 0.5 dans cette catégorie se trouve les biscuits sucrés et gouters.

-Les biscuits à humidité intermédiaire : (A.W) comprise entre 0.55 et 0.85. Dans cette catégorie se trouvent les biscuits aux œuf (boudoirs, cuillers,...) et les gaufrettes qui représentent 5% et les biscuits chocolatés et assortiments représentent 30%.

-Les pâtisseries (produits humides) : (A.W) supérieure à 0.8.

3. Composition des biscuits

La composition des biscuits devient de plus en plus complexe c'est pourquoi l'étude des matières premières est intéressante, chacune influant sur la qualité finale du produit. De plus les fabricants ne cessent d'innover en changeant ou en améliorant leur procédé de fabrication sur un marché très disputé (**Ait ameur, 2006**). La spécificité des biscuits par rapport à d'autres produits céréaliers comme le pain réside dans leur faible teneur en eau et le nombre important d'ingrédients entrant dans leur composition (**Charun et Morel, 2001**). La recette de base est faite de farine, de matière grasse, de sucre et d'eau. Les proportions de ces quatre constituants varient au sein d'une large plage d'un produit à l'autre. D'autres ingrédients sont souvent présents : (œufs, lait chocolat, émulsifiants, agents réducteurs, fruits secs, amandes...) (**Feillet, 2000**).

Tableau 7 ■Composition nutritionnelle des biscuits (pour 100g)(**Feillet,2000**).

Type de biscuits	amidon(g)	Sucres (g)	Protéines(g)	Lipides(g)	Kcal
Biscuit type petit-beurre	56	21	9	11	440
Biscuit sablé	45	23	7	22	500
Gouter sec	52	27	8	5	390
Biscuit aux œufs	26	58	8	4	405
Génoise confiturée	21	57	5	3	360
Biscuit confituré	30	45	5	5	365
Gouter fouré chocolaté	29	33	7	18	480
Biscuit cholcolaté	29	35	7	26	520
Cookies	31	29	6	27	505

Tableau 8■Composition des principaux types des biscuits (**Feillet, 2000**).

Type de biscuit	Composition
Biscuits secs sucrés	Farine, matière grasses ,sucre, eau
Crackers	Farine (pate fermentée), sucre,eau,sel
Génoise	Farine,sucre,œufs
Gaufrette	Farine,sucre,œufs ,eau

4. Effet des principaux ingrédients

Les trois ingrédients de base pour la fabrication des biscuits sont: la farine, la matière grasse et le sucre (**Gallagher , 2008 ; Ardent et al., 2009**). Les différentes combinaisons de ses ingrédients donnent naissance à un large éventail de produits avec de formes et de textures diverses (**Maache-Rezzoug et al ., 1998a ; Chevallier et al., 1999**). Plusieurs auteurs ont essayé de décrire l'effet des ingrédients dans une pâte et l'équilibre de la formule sur la structure finale du produit (**Manohar et Rao, 1997 ; Maache-Rezzoug et al., 1998a**)

4.1. La farine

La farine de blé reste la matière première principale de ce secteur. Elle constitue un élément clé de la qualité des produits de biscuiterie. C'est par exemple le cas des biscuits secs et des goûters, qui représentent la plus importante des références biscuitières, dont la farine représente plus de 60 Kg par 100 Kg de biscuit (**Mohtedjil-Lambalais, 1989 ; Selselettou, 1991 ; Menard et al ., 1992 ; Tharrault, 1997 ; Feillet, 2000**). Elle est responsable de la structure finale du produit. Son utilisation très répandue est liée à la capacité de la pâte à retenir le gaz permettant ainsi son expansion lors de la cuisson (**Gan et al., 1995**). La farine est un composé complexe comportant différents constituants (protéines, lipides, glucides...) qui jouent un rôle direct ou indirect dans la structuration et l'aération de la pâte.

La valeur biscuitière d'une farine se juge d'après son aptitude à donner une pâte machinable, qui selon **Kiger et Kiger (1968)** , résiste à un certain degré de brisure et pouvoir s'étendre en couche minces sans se casser ou craqueler à la surface, en donnant un produit fini de qualité. Certains facteurs intrinsèques à la farine comme les protéines ont une influence quantitativement et qualitativement importante sur la qualité du produit fini. Pour une farine biscuitière, la teneur en protéines doit être comprise entre 7.5 et 10 %(**Menard et al ., 1992 ; Colas, 1998 ; Feillet, 2000**).

4.2. La matière grasse

La matière grasse est un ingrédient très important dans la fabrication des biscuits. Elle est d'habitude de nature semi-solide à température ambiante pour qu'elle se mélange bien et sans problème avec les autres ingrédients (**Maache-Rezzoug et al., 1998a**). Les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale (**Mohtedji-lambalais, 1989 ; Feillet, 2000**). Elle contribue à la plasticité de la pâte, joue le rôle d'un lubrifiant et influence la machinabilité de la pâte, et les qualités texturales et gustatives du biscuit après cuisson. La principale fonction de la matière grasse est la fabrication des produits plus tendres. Elle

lubrifie la structure en se dispersant dans la pâte durant le pétrissage (**Gallagher, 2008**). Cependant, il faut noter que l'effet de la matière grasse sur la pâte et la qualité du biscuit n'est pas seulement fonction de sa composition mais aussi de celle de la farine et ses lipides natives (**Fustier, 2006**).

4.3. Sucre

Le sucre est le troisième élément important dans la fabrication des biscuits. Il représente de 15 à 25 % dans la formule d'un biscuit sec et plus de 25 % en pâtisserie industrielle. Le saccharose, ajouté à l'état cristallin, est le plus employé. En plus de son pouvoir sucrant, le sucre présent affecte le goût, les dimensions, la couleur, la dureté et la surface du produit fini (**Maache-Rezzoug et al., 1998**). Il contribue aussi à la formation des arômes, de la texture, de la coloration et à la conservation des biscuits. (**Feillet, 2000**).

L'effet du sucre sur le comportement de la pâte est un facteur important dans la fabrication des biscuits. En excès, le sucre cause un ramollissement de la pâte (**Maache-Rezzoug et al., 1998a**).

Le saccharose est le sucre principal utilisé dans l'industrie biscuitière. En général, quand la taille des cristaux du sucre augmente, la taille et la symétrie des biscuits diminuent alors que l'épaisseur augmente (**Gallagher, 2008**).

En outre, le sucre joue un rôle important dans le développement de la couleur du biscuit pendant la cuisson. Sa caramélisation à une température supérieure à 149 C donne la couleur recherchée de la face extérieure du biscuit et permet d'atteindre différentes nuances (**Menard et al., 1992**).

Enfin, le sucre aide à retarder le rancissement de la matière grasse et la multiplication microbienne dans les biscuits. Ainsi, la haute teneur en sucre d'un biscuit favorise une pression osmotique élevée et diminue l'activité de l'eau, ce qui prolonge la durée de conservation (**Menard, 1992**).

4.4. Eau

L'eau, considérée souvent tant qu'ingrédient, est un agent liant (**Fellow, 2000**). L'eau est nécessaire pour la solubilisation des ingrédients, pour l'hydratation des protéines et des hydrates de carbone et pour le développement d'un réseau de gluten. Elle affecte la nature des interactions entre les divers constituants de la formule et contribue à la structuration de la pâte

L'augmentation de la quantité d'eau produit également une réduction de la consistance, une augmentation de la fluidité et de l'adhérence de la pâte. En revanche, si la proportion de

l'eau est trop basse, la pâte devient fragile et montre une formation marquée de croûte dû à la déshydratation rapide à la surface (**Maache-Rezzoug et al., 1998a**).

4.5. Sel

Le sel alimentaire (NaCl) est présent dans la plupart des produits de boulangerie à raison de 2 % du poids de la farine en moyenne. Il est commercialisé sous forme de petits cristaux d'un blanc pur.

C'est un exhausteur de goût et, parallèlement on considère qu'il diminue les arrière-goûts (**Roussel et Chiron, 2002**). Le sel améliore la saveur du produit et ralentit l'activité de la levure par inhibition des activités enzymatiques. Il a aussi tendance à limiter la disponibilité de l'eau et donc améliore l'aptitude à la conservation.

4.6. Levures

La levure de boulangerie est un agent de fermentation de l'espèce « *Saccharomyces cerevisiae* », qui appartient à la famille des champignons. Son rôle majeur est de transformer les sucres fermentescibles (glucose, fructose, saccharose et maltose) en dioxyde de carbone et en éthanol, induisant aussi la production de composés aromatiques (**Giannou et al ., 2003**). L'action de la levure dépend largement des conditions environnantes (Température, pH, Teneur en eau...).

5. Pâtes biscuitières et Cuisson

La pâte est le produit intermédiaire entre la farine et le biscuit et de ses qualités dépend la réussite industrielle finale. En effet, la rhéologie de la pâte est d'importance considérable dans la fabrication de biscuit, la pâte doit être suffisamment cohésive pour être façonné/former, et ne pas être collante. Dans le but d'obtenir des pâtes biscuitières de bonne qualité, il est donc important de comprendre et de maîtriser toutes les étapes du procédé de fabrication à savoir la formulation, le pétrissage, le laminage et enfin la cuisson. Ainsi, de la machinabilité des pâtes biscuitières après pétrissage va dépendre la découpe en biscuits et le convoyage jusqu'au système de cuisson (**Assifaoui, 2005**).

Le pétrissage permet de mélanger intimement la farine et les autres ingrédients. Le pétrissage, parfois le malaxage, est employé afin de développer un produit avec des caractéristiques désirable plutôt qu'assurer l'homogénéité, cependant un pétrissage excessif peut altérer la pâte (**Fellow, 2000**).

5.1. Cuisson

De nombreuses modifications physiques et chimiques ont lieu au cours de la cuisson. Ces changements sont essentiellement d'ordre moléculaire et sont principalement causés par les transformations hydro thermiques qui affectent les constituants majoritaires

de la pâte (Cristallisation des sucres, gélatinisation de l'amidon, dénaturation des protéines, et auto oxydation des lipides). Dès la préparation de la pâte, des interactions fortes entre ces constituants se mettent en place, essentiellement des réactions entre sucres et protéines et entre lipides et protéines. Ces interactions sont tellement importantes qu'elles entraînent des modifications macroscopiques, telles que le développement d'une texture, d'une odeur et d'une couleur caractéristique des produits céréaliers.

C'est une étape clé durant laquelle la pâte transforme en un produit poreux digestible ayant une flaveur sous l'influence de la chaleur (**Lara et al., 2011**). Elle détermine les propriétés physiques du biscuit y compris les dimensions (diamètre et épaisseur), le poids et le teneur en eau du biscuit (**Cronin et Preis, 2000**).

Durant la cuisson, la viscosité de la pâte diminue, provoquant l'étalement et l'expansion dans toutes les directions (**Gallagher, 2005**). Toutefois, la matière grasse se fond et le sucre se dissout ce qui augmente la fluidité, ainsi permet l'expansion du biscuit (**Schober, 2009**).

Les réactions biochimiques et physico-chimiques dans la pâte biscuitière pendant la cuisson sont très complexes et elles concernent : la dénaturation des protéines, perte de la structure granulaire de l'amidon; fonte de la matière grasse, réaction de Maillard, expansion de la pâte résultant de l'évaporation de l'eau et aussi de l'expansion thermique des gaz (**Lara et al., 2011**).

a. Fonte des lipides et dissolution des sucres

Dès les premières minutes de cuisson, la matière grasse fond et probablement même lors du repos de la pâte, puisque selon **Feillet, (2000)** cette température varie entre 15 et 50°C. L'augmentation de la quantité de matière grasse dans la pâte, favorise le développement d'une structure dure du biscuit (**Manly, 1998**).

Le sucre présente une grande importance dans la définition de la résistance du biscuit à la fracture après la cuisson et sa capacité à la déformation suite au stockage, cet effet est attribué à la recristallisation du sucre durant cette période de stockage (**Ait Aneur, 2006**). La moitié du sucre se dissout lors du pétrissage et le reste se trouvant sous forme cristalline se dissout pendant la cuisson sous l'effet de la chaleur. Cela aussi augmente la fluidité et permet l'étalement de la pâte (**Fustier, 2006**).

La nature du sucre joue aussi un rôle dans le développement de la texture, en effet **Ait Aneur ,(2006)** montre que le glucose et le sucre invertis influencent les caractéristiques rhéologiques de la pâte biscuitière, en particulier l'adhérence et la viscosité, alors que le sirop de fructose favorise le développement de la couleur.

b. Activation de la levure chimique

La levure chimique devient active à 55°C-70°C, libérant le CO₂ et NH₃; et la pâte s'étale dans toutes les directions (**Fustier, 2006**).

c. Modifications hygrothermiques de l'amidon

L'amidon est le constituant principal qui détermine la structure et la texture de plusieurs produits alimentaires à base de céréales. Sa température de gélatinisation est influencée par les niveaux élevés du sucre, attribuée à la limitation de la disponibilité de l'eau (**Delcour et al., 2010**). L'amidon est un polymère semi-cristallin. Il se présente sous forme d'un mélange de deux polymères de structures différentes : l'amylose (molécule linéaire) et l'amylopectine (molécule ramifiée).

Tout au long de la cuisson, le grain d'amidon va subir un ensemble de transformations correspondant à la perte de cristallinité, au gonflement et à la solubilisation de l'amidon. Ce phénomène, appelé gélatinisation, permet en conditions humides (>50% base humide), d'obtenir un milieu hétérogène où des granules riches en amylopectine sont dispersés dans une phase amorphe d'amylose solubilisé. Dans le cas de pâtes à biscuits (milieux peu hydratés : >20% base humide), les granules d'amidon sont peu altérés (**Chevallier, 1998**). Toutefois, **Fernandez-Artigas et al., (2001)** rapportent une hydrolyse partielle de l'amidon dans les milieux peu hydratés, qui permet à la fois de libérer le maltose (sucre réducteur), puis le glucose, qui peuvent ultérieurement réagir seuls sous l'effet de la chaleur pour donner des produits de caramélisation (**Kroh, 1994**), ou avec les protéines pour donner les produits de Maillard (**Hodge, 1953**).

d. Dénaturation des protéines

Les protéines sont un constituant minoritaire de la farine de blé (8–10% du poids total), mais représentent un élément fonctionnel et nutritionnel important dans les produits céréaliers. Elles sont représentées par deux grandes familles: les protéines globulaires (albumines et globulines) et le gluten (gliadines et gluténines). Durant le chauffage, les protéines subissent deux transformations successives :

La première est une dénaturation thermique, réversible, qui affecte spécifiquement les Protéines globulaires. Elle consiste en un changement de conformation de la protéine induisant la modification des propriétés fonctionnelles de ces protéines (perte de solubilité). La température de dénaturation dépend de la structure physico-chimique de la protéine. Pour les protéines de blé elle se situe entre 60 et 70°C **Chevallier, 1998**; **Chevallier et al., 2002** notent la sensibilité de cette réaction à la température mais aussi **Gaines et al.1992**, ont reporté que la fracture des biscuits augmente avec l'augmentation

de la quantité de protéines dans la farine, ce qu'ils ont décrit comme étant lié à la quantité d'eau pouvant être absorbée par le gluten.

La seconde transformation, irréversible, consiste en une agrégation, ceci conduit à la formation d'une structure tridimensionnelle caractéristique. Cette transformation physique est sensible à la vitesse d'élévation de température. Plus cette vitesse est lente, plus le processus d'agrégation sera important.

6. Technologie de fabrication des biscuits

Les biscuits font partie de la confiserie traditionnelle de la farine. Ils étaient comme ils sont toujours cuits à domicile. Aujourd'hui ces biscuits sortent des usines à grandes installations bien larges et sophistiquées au plan mécanique. La mise en forme, la cuisson et l'emballage suivent une chaîne de production précise tandis que l'ajout précis des ingrédients et le pétrissage de la pâte se font dans des paquets (**Manley, 1998**).



Figure 5 ■ Grandes étapes de fabrication des biscuits et des gâteaux (Denis, 2011).

6.1. Préparation des matières premières

6.2. Mixage et pétrissage

Le mixage (mélange) est la première étape dans le processus de biscuiterie. Cette opération permet le mélange de farine, d'eau et d'autres ingrédients afin qu'ils forment une masse cohérente (Maache-Rezzoug et al., 1998). Ce procédé est accompli avec trois

principaux types de mixage : mixage à broche verticale, mixage à tambour horizontal et mixage continu (Manley, 1998).

6.2. Pétrissage

Le pétrissage est une opération qui va aboutir à la formation d'un produit viscoélastique à partir de deux constituants : eau et farine, Quand l'eau est ajoutée à la farine, elle se répartit d'abord grossièrement dans la masse farine (période de frasage), puis le pétrissage oblige l'eau à envelopper tout d'abord chaque particule de farine et à y pénétrer, en effet, cette eau chasse l'air inclus dans la farine ; c'est pourquoi le volume de la pâte est inférieur à la somme des volumes d'eau et de la farine qui la contient. L'incorporation d'air dans la masse permet à la pâte de se détacher aux parois de la cuve du pétrin et elle devient lisse, sèche et élastique (Laabidi, 2007).

On distingue trois types de pétrissages :

- **Le pétrissage conventionnel** : qui assure un travail mécanique souvent insuffisant avec les farines actuelles dont le gluten est relativement tenace.
- **Le pétrissage intensifié** : qui donne des pâtes suroxydées et un pain volumineux blanc mais insipide.
- **Le pétrissage amélioré** : qui assure le meilleur équilibre entre le développement de la pâte et la conservation de sa texture, de son goût et de ses arômes (Laabidi, 2007).

6.3. Laminage

Le laminage est la méthode la plus courante et polyvalente pour former la pâte de biscuit en feuille. Ce procédé implique la production d'une feuille épaisse de la pâte, ce qui réduit de façon uniforme l'épaisseur de la feuille (Manley, 2001).

6.4. Découpage

Le découpage est l'étape qui fait suite au laminage. Les feuilles laminées sont découpée sur une machine de formage. Il est évidemment souhaitable que chaque morceau de pâte doit avoir un poids et des dimensions identiques (Cronin et Preis, 2000).

6.5. Cuisson

La cuisson ne forme pas une simple déshydratation mais encore elle acquière une couleur, un gout et une friabilité au biscuit. Il y a trois changements majeurs peuvent être vus quand un morceau de pâte est cuit (Manley, 2011).

- Une réduction importante de la densité associée au développement d'une structure poreuse.

- Une réduction du taux d'humidité compris entre 1 à 4%.
- Un changement de coloration à la surface.

6.6. Refroidissement

Tous les produits chauds et cuits doivent être refroidis avant l'emballage pour plusieurs raisons :

- Les produits ne peuvent pas supporter le processus d'emballage chaud ferme
- Le matériau d'emballage peut rétrécir autour d'un produit chaud ou la qualité des produits détériorerait
- La méthode normale de refroidissement des produits est de la placer sur un convoyeur ouvert et transférer le long une distance du four.

Les produits refroidis naturellement dans l'atmosphère de l'usine ambiante, dans quelques cas, il est nécessaire de fournir l'air pour faciliter le processus de refroidissement (**Manley, 1998**).

6.7. Décoration

Après le refroidissement il est possible de décorer le dessus du biscuit avec des filets de chocolat qui peut être oscillé pour donner des motifs. En outre, un dispositif d'arrosage peut être utilisé pour ajouter des morceaux de noix, de riz soufflé,...etc, sur la surface du chocolat (**Manley, 1998**).

7.8. Conditionnement

Le biscuit est en général un produit énergétique de longue conservation (de trois mois à plusieurs années en fonction du taux de matières grasses). Cependant, lorsque l'humidité relative de l'air est supérieure à 50%, l'emballage doit être imperméable à l'humidité (emballages spécifiques souvent chers) (**Broutin, 2001**).

Après le refroidissement et la vérification de la qualité de chaque pièces de biscuit, ces biscuits sont traités et emballés d'une manière similaire à l'aide d'une machine.

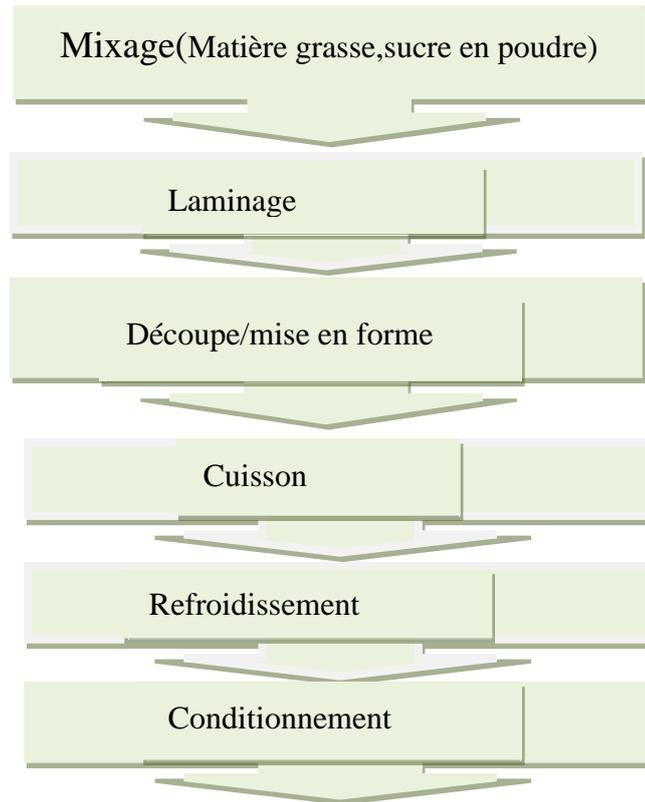


Figure 6 ■ Organigramme de fabrication adopté des biscuits (Yadav *et al.* , 2012).

7. Apport nutritionnel des biscuits

Les biscuits sont habituellement composés de farine, de sucre, de matières grasses, d'eau, de sel et de levure chimique. Cette diversité dans la composition des biscuits leur confère un pouvoir nutritionnel intéressant (Ait Ameur , 2006). Dans les biscuits secs, il y a une prédominance des matières céréalières environ 72%, de l'amidon 51,5% (SNBF, 2001). Ils contiennent une bonne teneur en protéines et en fibres. Les biscuits secs se distinguent des autres produits céréaliers par leur faible teneur en eau : 1 à 5% contre 15 à 30% pour les gâteaux et 35 à 40% pour les pains (Ait Ameur , 2006). Du fait de leur teneur faible en eau, les biscuits secs ont une densité énergétique élevée. La teneur en lipides des biscuits secs est estimée à 12% (Ait Ameur , 2006).

En effet, les biscuits apportent aux enfants 3,9% des apports en glucides complexes et 2,5% pour les fibres (SNBF, 2001). Les quantités de nutriments indiquées sont des valeurs moyennes, ces valeurs peuvent varier pour différents types de biscuit sec (Salemy, 2016). Chez les adultes, ces valeurs sont réduites à la baisse du fait de la baisse de la consommation. Les biscuits contribuent aux apports en glucides de 1,7% et 0,9% des fibres. La contribution des biscuits aux apports en lipides et glucides est remarquable (tableau 08). Les apports en lipides sont de l'ordre de 4,7% chez les enfants et 2,1% chez

les adultes. Les apports en glucides simples sont de 4,5% chez les enfants et 2,9% chez les adultes (**Ait Ameer , 2006**).

Tableau 9■ Contribution des biscuits aux apports nutritionnels (**Ait Ameer , 2006**).

Apport nutritionnel	Glucides complexe	Fibres	Lipides	Glucides simples	Energie
Enfants	3.9 %	2.5%	4.7%	4.5%	3.6%
Adultes	1.7 %	0.9%	2.1%	2.9%	1.8%

8. La filière biscuits en repli face à l'explosion des importations

La filière biscuits est en repli en Algérie face à la montée des importations. En dix ans, les importations ont été multipliées par 60. La production algérienne ne résiste, faiblement, que par ses prix. En 2010, l'Algérie a importé pour plus de 20,5 millions de dollars de biscuits. En cinq ans, les importations de cette catégorie de produit à été multipliée respectivement par 2,5. Des signes pour des producteurs algériens en profil bas. En dix ans, l'inversion de tendance est totale. En 2001, les montants des importations de biscuits étaient de 300.000 dollars, Dix ans plus tard, ces chiffres ont été multipliés par plus de 60 fois (en moyenne) pour les biscuits, selon les statistiques du commerce extérieur de la Douane algérienne. Durant cette même décennie, la liste des pays fournisseurs de ces produits a doublée, passant de 17 à 34 pour les biscuits.. C'est la filière biscuits de la Tunisie qui fait beaucoup mieux sur le marché algérien. Elle représente, depuis 2007, plus de 48% des importations de ces produits. Les biscuits en provenance de Turquie arrivent seconde position, avec environ la moitié des importations de Tunisie. L'Espagne, la France et l'Italie complètent le classement des cinq premiers fournisseurs de biscuits en 2010. Ces cinq pays représentent des proportions sensiblement identiques depuis 2007. Les filières algériennes de biscuits s'exportent mal (**Bulletin, 2013**).

Chapitre 3 : Le yaourt

1. Définition et réglementation

Selon le *Codex alimentarius* et la FAO (*Food and Agriculture Organization*, 1975), Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition de Substances (lait en poudre, poudre de lait écrémé, les protéines lactosériques concentrées ou non, la caséine alimentaire... etc.). Les bactéries dans le produit fini doivent être viables et abondantes. La FIL (Fédération Internationale de la Lait) fixe la quantité de ferment vivant, égale à 10^7 bactéries par gramme jusqu'à la date limite de consommation. Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6°C.

Les critères pris en compte par le *codex alimentarius* et la FIL dans la réglementation du yaourt sont les suivants :

- **Dénomination du produit** : elle varie selon les langues, mais les termes les plus utilisés sont « youghurt », « yoghurt » ou « yaourt ».
- **Types de produit** : ils sont définis souvent en fonction de leur teneur en matière grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yoghourt partiellement écrémé ou maigre, yoghurt écrémé, le yoghurt sucré et le yoghurt nature).
- **Type de ferment utilisé** : selon la FIL, et de nombreux pays, la dénomination « yaourt » nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (Luquet et Carrieu, 2005).
- **Quantité de ferment contenue dans le produit fini** : la FIL fixe la quantité de ferment vivants, égal à 10^7 bactéries par jusqu'à la date limite de consommation.
- **Variabilité de la flore lactique** : flore viable pendant toute la durée de vie .
- **Ingrédient laitiers** : lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crème et caséines etc.
- **Ingrédient non laitiers** : une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt .il peut s'agir par exemple de fruits sous différentes formes (purée ;jus ;pulpe ;sirops etc),de céréales, de légumes ou de sucre. La quantité d'ingrédients non laitiers est fixée par le codex alimentarius ; la FIL et la plus part des pays à moins de 30% en poids du produit fini.

- **pH** : la FIL préconise une teneur de 0.7% d'acide lactique cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0.6 à 15%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4.5 ou 4.6 (Tableau 10).
- **Taux de matière grasse** : il doit être minimum entre 0.5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0.5% dans le yaourt écrémés.
- **Teneur en protéines** : elle est égale à 2.8% dans le produit fini en fonction de la technologie de fabrication, les yaourts sont divisés en deux groupes :
 - **Yaourts fermes** : dont la fermentation a lieu en pots ,ce sont généralement des yaourts naturels ou aromatisés.
 - **Yaourts brassés** : dont la fermentation a lieu en cuves , ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (**Luquet et Carrieu ,2005**).

Tableau 10 ■ Réglementation concernant la quantité d'acide lactique ou le pH dans le yoghourt (**Luquet et Carrieu, 2005**).

Organisme/pays	Normes
FIL	0.7 % en poids exprimé en tant qu'acide lactique
Mexique	Acide lactique libre >0.7%
Mexique	pH < 4.6
Pays-Bas	Ph < 4.5
Mexique	<0.7% exprimé en acide lactique .
Pologne	3.9 < pH <4.6
Tunisie	0.8% d'acide lactique
Israël	pH >ou =3.8
Etats –unis	Acidité < 0.9 % exprimé en acide lactique
Canada	0.8 d'acide lactique
Australie	pH < 4.5
Mexique	pH < 4.5
Japon	Aucune réglementation

2. Matière première et ingrédients

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache .Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides ,des protéines, des lipides et des minéraux (**Tamime et Robinson,**

2005). Afin d'augmenter la viscosité apparente et la consistance des yaourts (Schkoda et al., 1998 ; Van Marle, 1998), la teneur en matière sèche du lait écrémé utilisé est augmentée au préalable jusqu'à 10-12%. Après concentration ou, plus fréquemment, addition de poudre de lait écrémé ou de protéines de lactosérum (Mahaut et al., 2000), on parle alors de lait écrémé fortifié ou enrichi.

Dans le cas des yaourts brassés sans matière grasse, des agents de texture (épaississants ou gélifiants) sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence, la viscosité. Les fruits dans les yaourts sont apportés sous formes de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Les agents de texture, incorporés dans la préparation de fruit, participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (Vignola, 2002).

2.1. Lait

La matière première la plus importante utilisée dans la fabrication du yaourt c'est le lait, elle peut être soit du lait frais, soit du lait recombinaison (FAO, 1998), du lait entier, ou du lait partiellement ou totalement écrémé (3,5% ; 1,0% ; 0,0% de MG) (Luquet, 1990 ; Mahaut et al., 2000), et parfois enrichi en poudre de lait (Clément, 1981 ; Alais et Linden, 1997). Dans tous les cas, elle doit être de bonne qualité microbiologique, exempte d'antibiotiques ou d'autres inhibiteurs et parfaitement homogénéisée (FAO, 1998).

2.2. Ferments lactiques

Le yaourt est un lait fermenté grâce à l'action conjointe de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* (Konte, 1999 ; Adrian et al., 2003). Ce sont des bactéries ou des ferments épaississants ou filants qui améliorent la texture du produit (Lamontagne., 2002).

- *Lactobacillus bulgaricus*

C'est un bacille Gram+, non sporulé, immobile, il est isolé sous forme de bâtonnets en chaînettes. *Lb. bulgaricus* est une bactérie thermophile et sa température optimale de croissance est variée de 43-46°C (Radke-Michell et Sandine, 1986).

bactérie appartenant au genre *Lactobacillus* ; qu'il joue un rôle important dans l'industrie laitière (elle intervient dans la fermentation des yaourts) (Clément, 1981). Elle se développe bien à 45-50°C en acidifiant fortement le milieu (Veisseyre, 1975), par son pouvoir de transformation des sucres en acide lactique (Clément, 1981). Elle peut former dans le lait jusqu'à 2,7% d'acide lactique (Veisseyre, 1979).

- *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus est un coque à Gram positif, anaérobie facultatif, se trouve dans les laits fermentés et les fromages (Dellagio et al., 1994 ; Roussel et al., 1994)

.Cette espèce se multiplie bien à 37-40°C mais se développe encore à 50°C, est une espèce thermorésistante qui survit à un chauffage à 65°C maintenu pendant 30mn. Elle est nettement moins acidifiante que l'espèce précédente (Veisseyre, 1979). Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique. En plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans les laits fermentés. Cette bactérie augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et mannose) (Bergamaire, 2002).

Ces deux bactéries lactiques doivent être vivantes dans le produit fini à la concentration supérieure ou égale à 10^7 micro-organismes par gramme (Branger et al., 2007). Elles vivent en symbiose étroite (Vierling, 2003 ; Lamontagne et al., 2002).

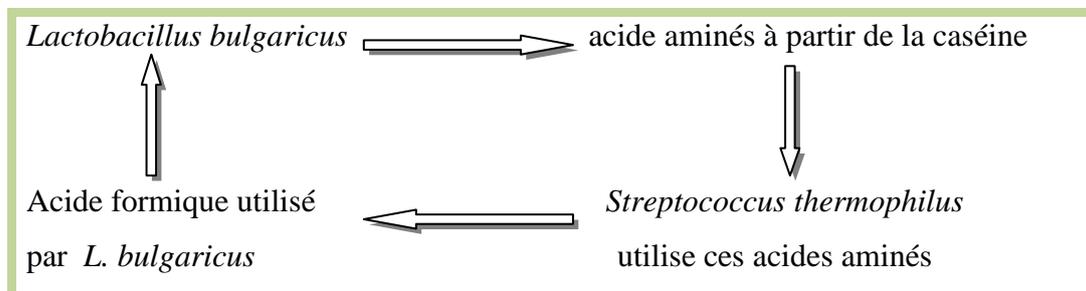


Figure 7 ■ Symbiose des bactéries de yaourt (Vierling, 2003 ; Fredot, 2005).



Figure 8 ■ Bactéries lactiques des yaourts.

2.2.1. Comportement associatif des deux souches

L'association de souches de *St. thermophilus* et de *Lb. bulgaricus* pour la fabrication du yaourt est l'exemple le plus connu et probablement le plus stable. Dans le lait, *Lb. bulgaricus* plus protéolytique que *St. thermophilus* fournirait les acides aminés et / ou les peptides dont cette souche a besoin et stimulerait ainsi sa croissance (Desmazeaud et Hermier, 1972). En retour, la croissance de *St. thermophilus* en absence de faible concentration d'oxygène

produirait de l'acide formique stimulant le développement de *Lb. bulgaricus* (Veringa et al., 1968). En plus du formiate, le CO₂ produit par *St. thermophilus* à partir de l'urée présente dans le lait (Tinson et al., 1982b) serait lui aussi nécessaire pour stimuler la croissance de *Lb. bulgaricus* (Driessen et al., 1982). Cette interaction peut aboutir à une augmentation de la croissance de ces souches (Driessen et al., 1982) et à une acidification du lait plus importante que la somme de ces activités propre à chacune des deux espèces (Moon et Reinbold, 1976 ; Accolas et Auclair, 1983).

Cependant la réussite de l'association dépend de la concentration des deux bactéries et des propriétés des souches elles-mêmes. Pour fabriquer un bon yaourt, le rapport entre les deux bactéries doit être de 1 : 1. La dominance du *St. thermophilus* conduit un yaourt sans arôme et celle du *Lactobacillus* à un yaourt trop acide (Kurman et Rasic, 1978).

2.2.2. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt

- **Production d'acide lactique**

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien (Schmidt et al., 1994).

L'acidité d'un yaourt est communément exprimée en degrés Dornic (0,1 g/l acide lactique). L'acidité recherchée se situe entre 100 et 130°D. Par ailleurs, la production d'acide lactique a un effet inhibiteur sur les bactéries lactiques et plus particulièrement sur *St. thermophilus* (Loones, 1994).

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- Il aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation du gel ;
- Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt (Tamime et Robinson, 1990 ; Singh et al., 2006) ;
- Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (Leory et al., 2002).

- **Activité protéolytique**

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constituée de caséine et de protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases. *Lb. bulgaricus* possède des protéases localisées ; pour l'essentiel, au niveau de la paroi cellulaire (Marshall, 1987). Cette activité protéase permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide.

St.Themophilus est considérée comme ayant une faible activité endopeptidasique .elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasique en acides aminés libres.

L'amertume est provoquée par des souches à activité protéolytique trop forte (production des peptides amers) ; ce défaut apparaît particulièrement quand le yaourt est peu acide (**Loones, 1994**).

- **Activité aromatique**

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt .c'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés dans une fermentation de type hétérofermentaire .parmi ceux-ci ,l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé . L'acétaldéhyde est le composé aromatique le plus caractéristique de la flaveur du yoghourt, il est principalement produit par *Lb. bulgaricus* à partir de la thréonine, réaction catalysée par la thréonine aldolase (**Marshall et Colf, 1983**). qui provient en grande partie de la thréonine, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées .la concentration optimale de ce métabolite est estimée à environ 10 ppm.sa production, due principalement au *lactobacille*, est augmentée lorsque ce dernier est en association avec *le streptocoque* qui en élabore de faibles quantités.

L'acétaldéhyde peut provenir :

-Du pyruvate, soit par action de la pyruvate décarboxylase ou par action du pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase) ;

-De la thréonine par l'action de la thréonine aldol ase.

La daicétyle contribue à donner un gout délicat qui est du à la transformation de l'acide citrique et , secondairement ,au lactose par certaines souches de streptocoques, d'autres composés (acétone ,acétoine, etc) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur .ceci résulte d'un choix avisé des souches ,de leur capacité à produire dans un juste rapport les composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication.

Notons que la saveur caractéristique du yaourt , due à la production du diacétyle et de l'acétaldéhyde et qui est recherchée dans les produits type « nature »,est en partie masquée dans les yaourts aromatisés.

- **Activité texturante**

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt. Certaines bactéries lactiques produisent des polysaccharides qui jouent le rôle d'agents de texture et donneront au produit fini son caractère onctueux ou filant. La production de polysaccharides a été mise en évidence avec

Lb. bulgaricus , ainsi qu'avec *St. thermophilus* (**Cerning et al., 1999**). Elle est variable suivant les souches utilisées.

Les principaux défauts de texture dont sont responsables les bactéries lactiques sont:

- La présence de sérum en surface du caillé (acidification trop forte ou trop faible donnant un gel fragile),
- Une texture trop filante (bactéries excessivement filantes ou déséquilibre entre souches),
- Une texture liquide (acidification insuffisante par défaut de croissance des bactéries),
- Une texture hétérogène : présence de points blancs, texture granuleuse, texture sableuse en bouche (mauvais choix des souches) (**Loones, 1994**).

2.3. Sucre

Il est facultatif. Pour obtenir un yaourt sucré, il faut ajouter 80 à 130 g de sucre par litre du lait (**Poillot, 2010**). On incorpore le sucrose ou le saccharose ou parfois autres sucre, citons le glucose, le fructose, le lactose. Généralement sous forme granulée et ou parfois sous forme de sirop contenant 65 à 67% du sucre (**Lamontagne, 2002**).

2.4. Fruits

On prépare également un yoghourt aux fruits, auquel on a ajouté de la pulpe ou des morceaux des fruits divers (ananas, cerise, pêche...) (**Veisseyre, 1975**).

2.5. Additifs alimentaires

- **Colorant** : En dehors du sucre, les produits d'addition autorisés dans les yaourts sont les matières colorantes (**Boularak, 2005**).
- **Agents de conservation** :

Le yaourt n'a pas une longue durée de conservation, on doit le garder à une température inférieure à 10°C, mais même dans ces conditions des moisissures ou d'autres bactéries ; finissent par proliférer. C'est pourquoi on utilise les sorbates de potassium (**Cheftel et Cheftel, 1978**).

- L'adjonction des fruits nécessite l'addition d'additifs tels l'acide sorbique et ses sel du sodium, du potassium, du calcium, l'anhydride sulfureux, l'acide benzoïque (**Codex alimentarius, 2000**).
- **Arômes** :

Depuis quelques années s'est développée la fabrication des yoghourts parfumés à l'aide d'essences de divers fruits (**Veisseyre, 1975**). Ils sont facultatifs. Il existe des arômes naturels extraits des fruits et des arômes de synthèse (**Poillot, 2010**). La législation française

précise que ces extraits doivent être naturels, les arômes synthétiques étant formellement interdits (Veisseyre, 1975). Tous les parfums sont disponibles : fraise, vanille, citron, orange, pêche, amande, cerises... (Poillot, 2010).

- **Edulcorants**

On peut ajouter des édulcorants tels que l'aspartame, qui a un pouvoir sucrant très élevé à très faible dose. On utilise généralement les édulcorants pour les laits fermentés faible en calories (Lamontagne, 2002).

- **Stabilisants**

Les stabilisants sont d'une grande importance à cause de leur effet sur la consistance et la viscosité du yaourt. Ils agissent comme agents liants, gélifiants ou épaississants. À titre d'exemple ; certain amidons modifiés (Lamontagne, 2002).

3. Diagramme de fabrication du yaourt

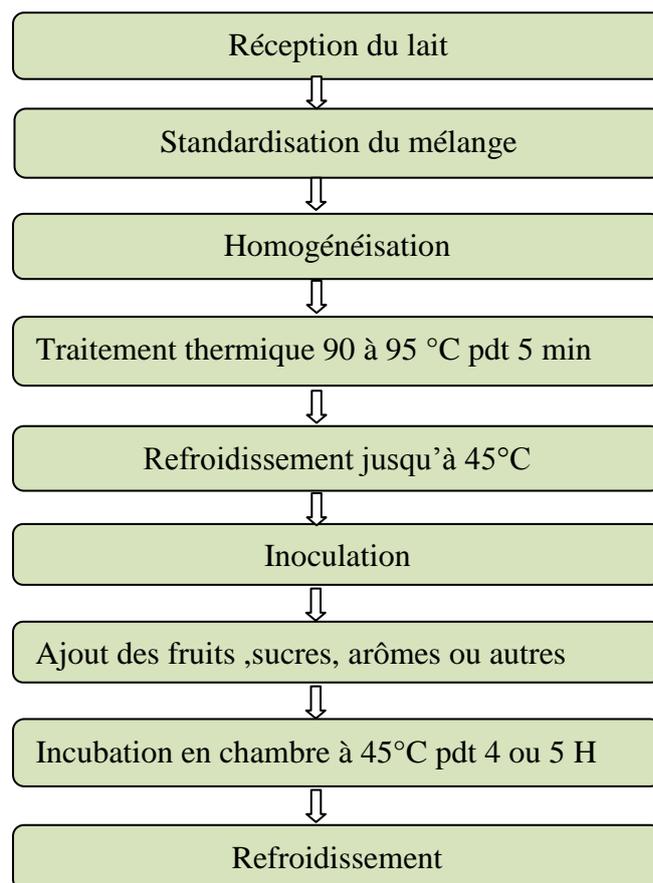


Figure 9 ■ Diagramme de fabrication du yaourt (Loones, 1994).
(Vierling, 2003 ; Fredot, 2005).

3.1. Préparation et traitement du lait

a. Réception du lait : il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité.

b. Standardisation (enrichissement)

La teneur en matière sèche du lait mis en œuvre dans la fabrication du yaourt est un facteur important, car elle conditionne la viscosité et la consistance du produit.

Les protéines ont un rôle déterminant sur la texture et la matière grasse sur les caractéristiques organoleptiques (saveur, arôme). Les protéines et la matière grasse contribuent également à masquer l'acidité du produit.

L'augmentation de l'extrait sec jusqu'à 14-16 % pour un lait gras ou partiellement écrémé et 10-12% pour un lait écrémé est réalisée par concentration (évaporation ou osmose inverse) ou plus fréquemment par addition de poudre de lait écrémé ou de protéine de lactosérum à des doses variant de 1 à 3 % (**Mahaut et al., 2000**).

Selon le code de recommandation FAO/OMS (1975), la teneur minimale en matière sèche laitière non grasse doit être de 8.2% (en poids) quelle que soit la teneur en matière grasse.

Le tableau 11 montre les différentes façons de standardiser ou d'enrichir le lait.

Tableau 11 ■ Méthodes d'enrichissement ou de standardisation du mélange du yaourt (**Lamontagne, 2002**).

Mécanismes	Remarques
Addition des solides totaux	
Poudre du lait entier	Très utilisée, la mise en œuvre est facile
Addition des solides non gras	
Addition de poudre du lait Ecrémé	Problème de solubilité ; incorporation possible d'air ; cout élevé
Addition de poudre du lactosérum	Résultats très contradictoires
Addition des protéines	
Addition de caséinates ou d'un concentré de protéines du lactosérum	Fort pouvoir texturant ; hydrophile ; efficacité controversée ; chauffage nécessaire ; goût et texture variables
Concentration par ultrafiltration	Très bonne texture ; goût affaibli
Addition de sucre	
Addition du lactose	Texture faible ; changement de texture
Fructose, miel, Sucres artificiels	Effets sucrants

Addition de matière grasse	
Addition de crème	Texture grasse typique ; type pouding ; nécessité d'homogénéiser ; goût
Addition de minéraux et de vitamines	
Calcium, fer, acide ascorbique, vitamine A ou B ou D	Obtention d'un produit diététique

3.2. Homogénéisation

Elle a principalement des effets sur deux composantes du lait, soit la matière grasse ou les protéines.

3.3. Traitement thermique

Le lait enrichi, éventuellement sucré va subir ensuite un traitement thermique, le plus couramment utilisé est une pasteurisation à 90 – 95°C (avec chambrage de 3 à 5 minute) (Luquet, 1990 ; Mahaut et al., 2000 ; Paci Kora, 2004). Ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait. Tout d'abord, il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques. Il détruit les germes pathogènes et indésirables (Boudier, 1990). De même, il réduit les sulfures toxiques et entraîne la production d'acide formique qui est un facteur de croissance pour *Lactobacillus bulgaricus* (Loones, 1994). Le traitement thermique, par dénaturation des protéines solubles, permet également d'accroître la rétention d'eau et d'améliorer la texture du yaourt et sa stabilité (Mahaut et al., 2000).

Au niveau rhéologique, ces modifications se traduisent par une amélioration après fermentation de la fermeté des gels (Kalab et al., 1976 ; Mottar et al., 1989). De plus, le traitement thermique entraîne une production plus importante d'acétaldéhyde, le composé responsable de l'arome « yaourt » (Singh, 1983).

3.4. Fermentation lactique

Le lait, enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation, 40-45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (Loones, 1994). Leur inoculation se fait à un taux assez élevé, variant de 1% à 7%, pour un ensemencement indirect à partir d'un levain avec un ratio *Streptococcus/lactobacillus bulgaricus* de 1.2 à 2 pour les yaourts nature, et pouvant atteindre 10 pour les yaourts aux fruits (Boudier, 1990 ; Mahaut et al., 2000).

les deux espèces *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et en synergie. Lors de leur croissance, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse du pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles. En outre, ces bactéries produisent des composés carbonyles volatils (l'acétaldéhyde, le diacétyl, l'acétine, l'acétate d'éthyle) (Imhof et al., 1994 ; Ott et al., 1997) et des exopolysaccharides (Cerning et al., 1990) qui participent, respectivement, à l'élaboration de l'arôme et de la texture des yaourts.

Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4.7 et 4.3, un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation. En effet, l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10°C (Tamime et Robinson, 1985).

Ce traitement permet pour les yaourts gras une stabilisation de l'émulsion grasse et évite ainsi la remontée de crème (Luquet, 1990), il est généralement combiné avec le traitement thermique. Certains la pratiquent à la température de 50 à 60 °C avec une pression d'homogénéisation de 150 à 200 atmosphères. Il semble maintenant qu'on préfère des températures de 85 à 90 °C avec des pressions proches de 250 atmosphères (FAO, 1998).

3.5. Conditionnement (stockage)

Les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambres froides à 4°C en passant au préalable dans des tunnels de refroidissement, à ce stade ils sont prêts à être consommés. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (Luquet et Carrieu, 2005 ; Paci Kora, 2004).

Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite, cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage.

C'est la phase ultime de la fabrication, deux types d'emballage sont utilisés : les pots en verre et les pots en plastique (Luquet, 1990 ; Mahaut et al., 2000) ; d'une capacité de 12,5 cl en générale (Poillot, 2010). La date limite de consommation est de 24 jours au maximum après la date de fabrication (Fredot, 2005). Il sera gardé sous froid jusqu'au moment de sa consommation (Konte, 1999).

5. Valeur nutritionnelle du yaourt

Tableau 12 ■ Composition de différents types du yaourt (Fredot , 2005).

Type du yaourt	teneur moyenne pour 100g de produit				
	Protides	Lipides	Glucides	Valeur	
	en g	en g	en g	énergétique	
				kj	Kcl
Yaourt nature	4,3	1,1	4,8	200	50
Yaourt nature au lait entier	4,1	3,5	4,7	300	70
Yaourt nature sucré	3,9	0,9	13,4	330	80
Yaourt aromatisé	4	1	14,5	350	85
Yaourt aromatisé maigre	4,3	0,1	7,1	200	50
Yaourt à boire nature sucré	2,9	1,2	12,8	310	75
Yaourt à boire aromatisé	2,9	1,4	13,3	330	80

Tableau 13 ■ Composition du yaourt en quelques sels minéraux et vitamines (Amiot et al., 2002 ; Ireland et al., 2002).

Composants		Teneur pour 100g de produit	Références
sels minéraux	Ph	114 mg	(Ireland et al., 2002)
	P	194 mg	
	Ca	154 mg	
	Fe	0,1 mg	
Vitamines	E	0,03mg	(Amiot et al., 2002)
	D	Trace	
	C	Trace	
	B2	0,16 mg	
	B1	0,03 mg	
	A	140 UI	

6. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certain de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait (Mahaut et al ., 2000).

- **Amélioration de l'absorption du lactose**

Une relation de cause à effet a été établie entre la consommation de bactéries vivantes du yaourt et l'amélioration de la digestion du lactose chez les personnes ayant une intolérance au lactose (EFSA, 2010). L'incapacité à digérer le lactose, cause de l'intolérance au lactose chez l'homme, a été attribuée à des quantités insuffisantes de la lactase intestinale.

Le yaourt notamment offre le double avantage d'une concentration réduite en lactose par l'action hydrolytique de beta-galactosidase des bactéries lactique (Amiot et al., 2002 ; Nout et al., 2003).

- **Amélioration de la digestibilité des protéines**

Les protéines du yaourt sont en quantité supérieure de celle du lait grâce à l'adjonction de poudre du lait sec et de protéines du lait. Elles ont aussi une excellente valeur biologique (Fredot, 2005). Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait in vitro avant fermentation et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Cette propriété résulte du traitement thermique, et de l'activité des bactéries (Mahaut et al., 2000), de l'acidification du lait qui entraîne une précipitation de la caséine (coagulation) et les bactéries libèrent des enzymes qui l'hydrolysent (Fredot, 2005).

- **Amélioration de la digestibilité du calcium**

Une meilleure assimilation du calcium solubilisé par l'acide lactique (Vierling, 2003). L'absorption du calcium du yaourt dont le lactose est en partie hydrolysée et elle est bonne que celle du calcium de lait (Guéguen, 2001).

- **Action anticholesterolemiant**

Les bactéries lactiques réduisent la teneur sérique en cholestérol (Lamontagne et al., 2002).

- **Activité antimicrobienne**

Par son pH, l'acide lactique inhibe le développement de germes pathogènes et constitue une protection du yaourt lui-même mais aussi du tube digestif du consommateur (Vierling, 2003). Le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. En dehors de l'acide lactique, les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes (Mahaut et al., 2000). Une étude a été menée sur l'effet de la consommation de yaourt chez des personnes âgées, Une baisse significative des Clostridia a été observée (Canzi et al., 2002),

- **Stimulation du système immunitaire**

La consommation régulière de yaourt stimule le système immunitaire chez l'homme et diminue les symptômes d'allergie (Van de Water et al., 1999). Le yaourt a un effet pro inflammatoire en stimulant la production de cytokines (Meyer et al., 2007).

- **Action préventive contre les cancers de la sphère digestive**

une étude clinique (sur une période s'étalant jusqu'à 12 ans) montre que la consommation de yaourt réduit les risques de cancer colorectal (**Pala et al., 2011 ; Corpet, 2002**).

Les *lactobacilles* modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes (inducteurs de cancers) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses. Des brevets japonais protègent l'emploi d'extraits de bactéries lactiques en thérapie anticancéreuse (**Mahaut et al., 2000**).

Partie expérimentale

Chapitre 1 : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué de fruits de *Zizyphus lotus* L. provient de la wilaya de Batna(Touffana) en Septembre 2012. Les fruits sont récoltés en pleine maturité.



Figure 10 ■ Cartes topographiques du site de prélèvement.

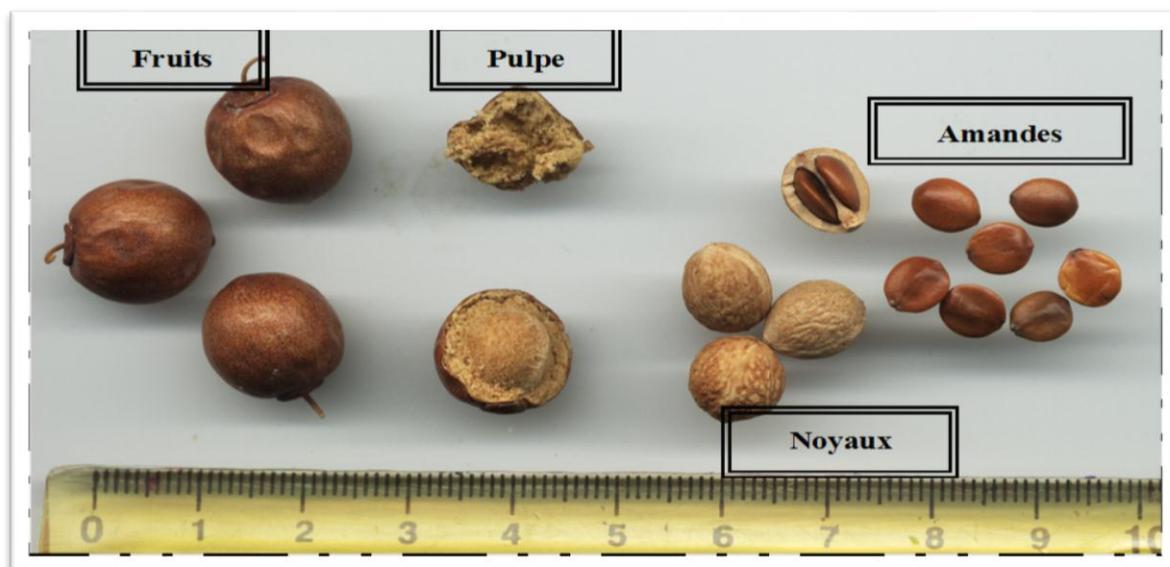


Figure 11 ■ Représentation des parties du fruit de *Zizyphus lotus* L.

1.1. Préparation des échantillons :

- **La pesée** : on a procédé à la détermination du poids du fruit. On a réalisé cinquante répétitions fruits de chaque échantillon à l'aide d'une balance de précision de type SARTORIUS.
- **Dépulpage** : cette opération a pour but de séparer la pulpe du noyau, elle a été effectuée manuellement.
- **Conservation des échantillons** : Le séchage du matériel végétal a été réalisé dans un espace couvert (à l'abri du soleil) ; les échantillons broyés ont été mis dans des bocaux en verre hermétiquement fermés pour des analyses ultérieures.

2. Méthodes d'analyses

La partie expérimentale est réalisée en neuf étapes.

- Caractérisation morphologique des fruits de *Zizyphus lotus* L.
- Analyses biochimiques des fruits de *Zizyphus lotus* L.
- Caractérisation phytochimique des fruits de *Zizyphus lotus* L.
- Fabrication des biscuits à des différentes concentrations des poudres de fruit.
- Analyse physico-chimique des biscuits fabriqués.
- Analyse sensorielle des biscuits élaborés.
- Fabrication de trois yaourts nature, sucrés et aromatisés par les poudres de fruit de *Zizyphus lotus* L.
- Analyse physico-chimique des yaourts fabriqués.

- Analyse sensorielle des yaourts fabriqués.
- Analyse microbiologique des yaourts fabriqués.

2.1. Caractérisation physique des fruits de *Zizyphus lotus* L.

Les caractéristiques morphologiques des fruits (pulpe et noyaux) sont réalisées sur 50 fruits prélevés au hasard, sur lesquels sont déterminés :

- Le poids du fruit entier, de la pulpe, ainsi que le noyau au moyen d'une balance analytique à la précision de $\pm 0.0001\text{g}$.
- Le rapport pulpe/fruit et le rapport amande/noyau ont été calculés.

2.2. Caractérisation biochimique des fruits de *Zizyphus lotus* L.

2.2.1 Détermination de la teneur en eau

❖ Principe:

On procède à une dessiccation de l'échantillon à analyser dans une étuve à la température de 100°C à 105°C et sous la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse pratiquement constante. Pour éviter toute reprise d'humidité, il convient d'opérer dans des vases de tare, placées dans un dessiccateur (**Audigie et al., 1980**).

La teneur en eau est la différence entre le poids de l'échantillon avant et après la dessiccation lorsque leur poids soit constant.

❖ Mode opératoire

- Sécher les capsules vides dans l'étuve pendant 15min ;
- Laisser refroidir au dessiccateur ;
- Tarer et peser 5g de la pulpe broyée ;
- Introduire les capsules dans l'étuve à vide à 102°C ;
- Sécher jusqu'à l'obtention d'un poids constant ;
- Laisser refroidir les capsules avant de les peser dans un dessiccateur et évaluer la quantité d'eau évaporée.

❖ Expression des résultats

$$H(\%) = \frac{M_1 - M_2}{P} \cdot 100$$

Soit

H% : Humidité.

M1 : Masse de la capsule + matière fraîche avant étuvage.

M2 : Masse de l'ensemble après étuvage .

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en matière sèche (MS) est calculée selon la relation suivante.

$$MS(\%) = 100 - H(\%)$$

2.2.2. Détermination de la teneur en sucres totaux

L'appréciation de la quantité en oses repose sur le dosage des sucres totaux par la méthode de **Dubois et al., (1956)** appelée aussi méthode phénol/acide sulfurique.

❖ Principe

Le dosage des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques par hydrolyse acide (l'acide sulfurique).

L'analyse repose sur des techniques colorimétriques. Le principe des dosages colorimétriques se base sur la condensation par estérification d'un chromogène (Phénol,

Orcinol, Anthrone) avec les produits de déshydratation des pentoses, hexoses et acides uroniques. En milieu acide fort et à chaud, ces oses se déshydratent respectivement en des dérivés du furfural, 5- hydroxy-méthyl-furfural et de l'acide 5-formylfuroïque.

Les chromophores ainsi formés de couleur jaune- orange absorbent dans le domaine du visible proportionnellement avec la quantité des sucres présents (**Ruiz, 2005**).

❖ Matériels

Extracteur broyeur, type : IKA-WERK.

Spectrophotomètre Visible, type : BECKMAN Model 34.

Papier filtre.

❖ Réactifs

- Solution de phénol à 80%;
- Carbonate de calcium 0,5g
- Acétate de plomb 0,5g
- Oxalate de potassium 0,5g
- L'acide sulfurique 20ml
- Phenol à 80% 10ml.
- Glucose 0,1g.

❖ **Mode opératoire**

- Mettre 2 g d'échantillon (soit pour la poudre du fruit dans 50 ml d'eau distillée, agiter à l'aide d'un extracteur pendant 15 min ;
- Ajouter 0.5 g de Carbonate de calcium, faire chauffer le mélange pendant 30 min puis filtrer sur papier filtre ;
- Ajouter au filtrat 0,5g d'acétate de plomb et filtrer, puis filtrer sur papier filtre une autre fois et compléter le volume à 100 ml avec de l'eau distillée ;
- Prélever 2 ml de l'extrait de la solution, ajouter 0.1 ml de phénol à 80% et 3 ml d'acide sulfurique concentré ;
- Laisser reposer pendant 10 min ;
- Mélanger le tout légèrement ;
- Après refroidissement, faites la lecture dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm.

2.2.3. Détermination de la valeur énergétique des sucres

Toute partie digestible d'un aliment fournit, après son assimilation dans l'organisme, un nombre de calories en rapport avec la quantité ingérée.

Selon la liste des coefficients spécifiques de conversion calorique d'Atwater, le groupe des fruits a une énergie métabolisable contenue dans un gramme des glucides de 3,6 Kcal ou 15 Kj.

La valeur nutritive calorique (ou énergétique) est donnée en kcal/100 g ou en kJ/100 g (1 kcal = 4,18 kJ) (**Etournand, 1999**).

Le calcul de l'apport énergétique se fait comme suit :

- ✓ La teneur en glucides pour chaque fruit multipliée par le coefficient d'Atwater qui est : 3,6 Kcal.
- ✓ La conversion en Kj : l'apport énergétique en Kcal pour chaque fruit x 4,18.

2.2.4. Détermination de la cellulose brute (Van soest et Wine, 1967)

La cellulose se rencontre rarement à l'état pur, mais plus souvent associée dans la paroi végétal avec des substances très diverses et en quantités variables d'un végétal à l'autre.

Les uns sont des sucres : les hémicelluloses, les glucanes, les pentosanes et des matières pectiques, les autres ne sont pas de nature glucidique : la lignine, les matières minérales, les lipides et les composés azotés divers.

Le dosage de la cellulose dans un matériel végétal reste une opération délicate. Les procédés sont fondés sur l'élimination, par des procédés chimiques convenables, des substances qui sont associées à la cellulose (**Colonna et Thibault., 1986**).

Principe :

La méthode de Weende fournit selon **ISO-AFNOR (NF-V-03-040,1977)**, une fraction cellulosique qui correspond aux substances perdues lors de l'incinération du produit résistant aux attaques successives acides et alcalines. Elle est applicable aux produits agricoles, mais pas au matériel dont la teneur en cellulose est inférieure à 1%.

Mode opératoire :

- Peser 2g de la matière sèche en poudre en la mettant dans les creusets
- Placer les creusets dans l'appareil d'extraction
- Ajouter 150 ml de la solution de L'acide sulfurique (H₂SO₄) à 0.26N
- Laisser extraire pendant 30 mn
- Filtrer et laver à l'eau distillée chaude.
- Ajouter 150 ml de potasse (KOH) à 0.23N
- Laisser extraire pendant 30 mn
- Filtrer et laver à l'eau distillée chaude
- Placer les creusets dans l'étuve pendant 24h à 80°C
- Peser les creusets dès la sortie de l'étuve.
- Incinérer dans le four à moufle pendant 5h à 500°C.
- Après refroidissement les creusets sont pesés.

□ **Expression des résultats :**

$$\% \text{ de la cellulose brute} = \frac{W1 - W2}{W0}$$

W1 : la masse après l'étuvage,

W2 : la masse après l'incinération,

W0 : la masse de la prise d'essai.

2.2.5. Détermination de la teneur en pectines

L'extraction des pectines de l'échantillon est habituellement effectuée par le traitement acide à pH (1.5-3) et à une température élevée (70 à 90C°); en utilisant l'acide chlorhydrique. Cette étape permet l'extraction et la solubilisation des pectines des tissus végétaux. Le précipité obtenu est lavé avec de l'alcool, filtré pour enlever les impuretés solubles, et finalement séchée pesé. la matière solide obtenue est pesée après séchage à l'étuve (**Constenla et al., 2002**).

$$\text{Pectine} = \frac{M}{P} \times 100$$

M : poids de l'extrait sec obtenu. **P** : poids de la prise d'essai.

2.2.6. Détermination de la teneur en protéines

❖ Principe

L'azote total est dosé par volumétrie après incinération selon la méthode de Kjeldahl, ce dosage est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur ,et dosé après déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium(AOAC,1998) .

❖ Réactifs

- Acide sulfurique concentré (95-98) ;
- Catalyseurs (sulfate de potassium « K_2SO_4 » et l'oxyde mercurique (HgO) ;
- Acide borique à 4% ;
- Indicateur coloré (rouge méthyle et vert de bromochrésol) .dissoudre 0,2 g de rouge de méthyle et diluer à 100 ml dans l'éthanol (95%) .dissoudre 1g de vert de bromochrésol et diluer à 500ml dans l'éthanol (95%) .mélanger 1 volume de la solution de rouge de méthyle avec 5 volumes de la solution de vert de bromochrésol) ;
- La soude à 45% ;
- Acide chlorhydrique à 0.1N pour le titrage.

❖ Mode opératoire

Avant de procéder au dosage de l'azote total, l'échantillon doit subir une minéralisation.

Minéralisation

- Introduire dans un matras de minéralisation 2g de matière sèche ;
- Ajouter une pincée (0,7 g) d'oxyde de mercureux et 15g de sulfate de potassium ;
- Ajouter 25ml d'acide sulfurique concentré ;
- Ajouter un morceau de paraffine pour éviter le phénomène de barbotage ;

- Utiliser un chauffage progressif ,d’abord une attaque à froid pendant 15 mn jusqu’à l’apparition de vapeur blanche d’anhydride sulfurique ,puis le chauffage est rendu plus énergique (attaque à chaud) pendant 4 à5 heures ;
- Après décoloration complète , la solution est refroidie à 25 C° par l’ajout de 200 ml d’eau distillée .

Distillation

- Ajouter 75ml de la solution de soude minéralisée ensuite distiller ;
- Le dégagement d’ammonium est récupéré dans 50ml de solution d’acide borique contenant l’indicateur coloré ;
- Arrêter la distillation après avoir récupéré 150ml du distillat (volume total environ 200ml) ;
- Doser l’excès d’ammonium par l’acide chlorhydrique à 0,1N.

❖ Expression des résultats

La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante.

$$N(\%) = \frac{1.4007 \cdot (V_e - V_b) \cdot N}{m} \cdot 100$$

Ve : Volume d’acide chlorhydrique utilisé pour le titrage de l’échantillon.

Vb : Volume d’acide chlorhydrique utilisé pour le titrage de témoin.

N : Normalité de la solution d’acide chlorhydrique (0.1N).

La teneur en protéine est calculée suivant la formule suivante.

$$\text{Protéine (\%)} = N\% \times 6.25$$

6.25 : Facteur de conversion c’est le taux moyen d’azote des protéines (16g d’N/100g de protéines).

N% : Pourcentage d’azote total.

2.2.7. Détermination de la teneur en lipides

Les lipides sont extraits par l’éther de pétrole à 130C° dans un appareil de distillation soxtherm.

Les échantillons séchés sont pesés (5g) dans des cartouches et recouverts avec du coton .les cartouches sont placées dans des béchers préalablement pesés avec de la pierre ponce (pour éviter une trop forte ébullition) après avoir ajouté 140 ml d’éther de pétrole, l’ensemble est placé sur une plaque chauffante. L’extraction s’effectue en quatre phases :

- Au cours de la première phase qui donne une heure, les matières grasses sont solubilisées et le solvant recondensé dans le système réfrigérant, coule goutte à goutte dans les cartouches.
- La deuxième phase consiste à évaporer une partie de solvant pour abaisser le niveau dans les cartouches à un cm en dessous du bord.
- La troisième phase est identique à la première et dure une heure.
- Au cours de la quatrième phase, le solvant est évaporé complètement, les béchers sont d'abord mis à l'étuve jusqu'à évaporation totale du solvant, puis dans un dessiccateur en présence de $P_2 O_5$. le béchers est à nouveau pesé pour la détermination des lipides (Toguyeni,1996).

La teneur en lipides est calculée selon la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{P1 - P2}{P3} \cdot 100$$

P1 : Poids de bécher vide + pierre ponce (g) ;

P2 : Poids de bécher vide + lipides (g) ;

P3 : Poids de l'échantillon (g).

2.2.8. Détermination de la teneur en cendres

❖ Principe

Le dosage des cendres est basé sur la destruction de la matière organique par incinération dans un four à moufle (AOAC,1998).

❖ Mode opératoire

- Dans un creuset préalablement taré, peser 5g de matière sèche ;
- Faire passer les creusets au four à une température de 550C° jusqu'à l'obtention d'un résidu blanchâtre ;
- Retirer les creusets et laisser refroidir au dessiccateur ;
- Peser les creusets.

❖ Expression des résultats

$$MO(\%) = \frac{M1 - M2}{P} \cdot 100$$

MO : matière organique

M1 : masse de la capsule + matière sèche.

M2 : masse de la capsule + cendres.

P : masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres est calculée par la formule suivante

$$\text{Cendres} = 100 - \text{MO}\%$$

2.2.9. Dosage des éléments minéraux

❖ Principe

Les cendres obtenues sont dissoutes dans un acide dilué et l'analyse est faite par la spectrophotométrie d'absorption atomique. La mesure de l'intensité lumineuse est faite à une longueur d'onde spécifique de l'élément à doser (AOAC, 1998).

❖ Mode opératoire

- Après minéralisation, ajouter aux cendres obtenues 5 ml d'acide nitrique (1N) ;
- Mélanger légèrement ;
- Récupérer la solution obtenue dans un erlenmeyer après filtration sur un papier sans cendres ;
- Diluer à 50ml avec l'acide nitrique (1N).

A partir de cette solution nous avons effectué le dosage des éléments minéraux suivants : Le potassium ; le calcium, le magnésium, le fer ; le zinc ; le cuivre ; le manganèse.

2.3. Caractérisation phytochimique des fruits de *Zizyphus lotus* L.

2.3.1. Préparation de l'extrait méthanolique à partir des fruits de *Zizyphus lotus* L.

Une prise d'essai de 5g de poudre des fruits a été mise à macérer dans 50 ml de méthanol absolu sous agitation magnétique pendant 30min. L'extrait a ensuite été stocké à 4°C durant 24 h, filtré et le solvant évaporé à sec sous pression réduite à 50°C à l'aide d'un évaporateur rotatif (Büchi Rotavapor R- 200) (Falleh et al., 2008).

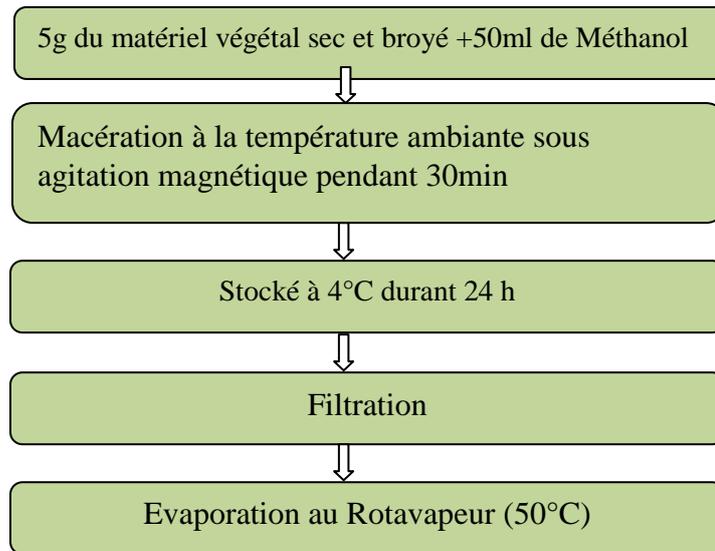


Figure 12 ■ Protocole de préparation de l'extrait méthanoïque.

2.3.2. Détermination du rendement

C'est la quantité des composés ou substances pouvant être extraites par un solvant typique dans des conditions spécifiques (Diallo, 2005).

Le rendement de la plante en extraits est le rapport entre la masse de l'extrait déterminée après évaporation du solvant et la masse initiale de la matière sèche de plante soumise à l'extraction (Carré, 1953).

Le rendement qui est exprimé en pourcentage a été calculé par la formule suivante:

$$R(\%) = \frac{Me}{Mv} \times 100$$

Considérons :

R% : rendement par rapport au poids de la matière végétale utilisée.

Me : poids en gramme de l'extrait sec.

Mv : poids en gramme de la poudre végétale utilisée.

2.3.3. Détermination de la teneur en poly phénols totaux

❖ Principe

Le dosage des polyphénols par la méthode utilisant le réactif de Folin-ciocalteu a été décrit en 1956 par Singleton et Rossi.

Les polyphénols sont estimés par la méthode de Folin Ciocalteu (Singleton et al., 1999). Ce dosage repose sur le réactif de Folin Ciocalteu (couleur jaune) qui est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque les

polyphénols sont oxydés, ils réduisent le réactif Folin-Ciocalteu en un complexe ayant une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés (**Boizot et Charpentier, 2006 ; Juntachote et al., 2007**).

❖ Réactifs

- Méthanol ;
- Acide gallique ;
- Réactif de Folin ciocalteu ;
- Carbonate de sodium à 7.5%.

❖ Mode opératoire

- Introduction de 200 µl de la solution de l'acide gallique à différentes concentrations
- dans les tubes d'une première série et 200 µl de l'extrait méthanolique dans les tubes d'une deuxième série ;
- Ajouter 1 ml de réactif de Folin Ciocalteu dilué 10 fois ;
- Après 4 minutes, ajouté 800 µl de carbonate de sodium a 7.5% ;
- Laisser incuber pendant 2 heures à température ambiante à l'abri de la lumière ;
- Le blanc est représenté par 200 µl de solvant méthanol brut, additionnée de 1 ml de réactif de Folin Ciocalteu et 800 µl de carbonate de sodium à 7.5 % ;
- La lecture des absorbances est faite à 765nm.

Les concentrations des polyphénols sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec l'acide gallique (0-50µg/ml) et sont exprimées en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg) (**voir annexe1**).

2.3.4. Détermination de la teneur en flavonoïdes

❖ Principe

L'estimation de la teneur en flavonoïdes contenus dans l'extrait méthanolique du fruit de *Zizyphus lotus* est réalisée par la méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl₃) (**Bahorun et al., 1996**).

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium.

Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux

atomes d'oxygènes de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (Ribéreau-Gayon, 1972).

❖ **Réactifs**

- Méthanol ;
- Quercétine
- Chlorure d'aluminium.

❖ **Mode opératoire**

- Mettre 1 ml d'extrait dans un tube à essai ;
- Ajouter 1ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium 2% (2g de chlorure d'aluminium dans 100ml de méthanol) ;
- Le blanc est représenté par 1ml de méthanol, additionné de 1l de chlorure d'aluminium à 2%
- Après 10 min d'incubation, l'absorbance est lue à 430 nm.

Les concentrations des flavonoïdes sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec la quercétine (0-25µg/ml), et sont exprimées en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg) (voir annexe 1).

2.3.5. Evaluation de l'activité antioxydante

❖ **Principe:**

Le DPPH est un radical libre stable violet en solution, il présente une absorbance caractéristique dans un intervalle compris entre 512 et 517 nm, cette couleur disparaît rapidement lorsque le DPPH est réduit en diphényle picryl-hydrazine par un composé à propriété anti-radicalaire, entraînant ainsi une décoloration. L'intensité de la couleur est Proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sanchez-Moreno, 2002).

❖ **Réactifs**

- Méthanol ;
- DPPH.

❖ **Mode opératoire**

- Introduire 50 µl de chaque échantillon dans les tube à essais ;
- Ajouter 1,95 ml de DPPH ;
- Laisser le mélange à l'obscurité pendant 30 minutes ;
- Le contrôle est préparé à partir de 50µl de solvant méthanol, additionnée de 1,95 ml de DPPH ;

- La lecture se fait à 517 nm.

❖ Expression des résultats

L'estimation de l'activité antioxydante en utilisant la méthode DPPH est exprimée en Pourcentage selon l'équation suivante :

$$\%d'activité\ antiradicalaire = \frac{(Abs\ DPPH - Abs\ échantillon)}{Abs\ DPPH} \times 100$$

Abs DPPH : absorbance du contrôle.

Abs échantillon : absorbance en présence des extraits phénoliques.

3. Fabrication et caractérisation physico-chimique des biscuits formulés.

3.1. Fabrication des biscuits

La préparation des biscuits est réalisée à l'échelle de laboratoire en respectant le diagramme de fabrication d'un biscuit standard avec une modification portant sur la substitution de farine de blé par la poudre de jujube.

3.1.1. Diagramme de fabrication

Le diagramme de fabrication (figure 06) adopté est celui de la biscuiterie Aurassienne (MAROUANA, W. de BATNA). La recette des biscuits formulés est présentée avec le biscuit témoins dans le tableau suivant

Tableau 14 ■ Recette d'un biscuit témoin et des biscuits formulés aux poudres de jujubes .

Recette	Farine de blé(g)	Sucre (g)	Margarine (g)	Œufs (g)	Levure (g)	Poudre de jujube(g)
Biscuit FWW	200	50	100	54	10	0
Biscuit FWJ	150	50	100	54	10	50
Biscuit WFJ	100	50	100	54	10	100
Biscuit FJW	50	50	100	54	10	150
Biscuit FJJ	0	50	100	54	10	200

Biscuit FWW

• Préparation des pâtes

Pour la préparation des pâtes, les ingrédients sont introduits dans le pétrin dans un ordre précis (figure 15). Dans lequel le sucre puis la matière grasse sont introduits en premier. Un volume d'eau distillée contenant le bicarbonate d'ammonium et le sel (chlorure de sodium) est ensuite versé. La farine introduite en dernier, Les ingrédients sont mélangés tous ensemble. Après pétrissage, la mise en forme dans le moule est effectuée, puis les biscuits sont mis au repos puis sont envoyés vers le four pour être cuits.

- **Pétrissage**

Le pétrissage de la pâte a été effectué dans un pétrin de marque KENWOOD KM300, muni d'un bol de pétrissage de type KENLYTE et d'une capacité de 4.4 L à une vitesse de 95 trs/min.

- **Mise en forme et moulage**

Pour la mise en forme de nos biscuits, nous avons utilisé un moule comprenant 24 empreintes. Chaque empreinte a renfermé un volume de pâte à poids constant. Ceux-ci reposent ensuite pendant 20 min à une température moyenne de 25 C.

- **Cuisson**

La cuisson est réalisée dans un four ménager de marque SUSLER 5007 à température et temps de cuisson réglables. Ceux-ci ont été cuits à une température de 180C. Le temps moyen de cuisson est fixé à 25 min par appréciation de la couleur de surface des biscuits.

- **Refroidissement**

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre (Température ambiante). Ce mode de refroidissement est jugé meilleur qu'un refroidissement accéléré puisqu'il permet au produit de se refroidir progressivement à l'abri de tout choc thermique provoquant les fissurations et la cassure du biscuit (**Selselet - Attou, 1991**). Après une durée de refroidissement de 30 min, les biscuits sont pesés puis mis dans des sachets en plastiques bien fermés pour être conservés.

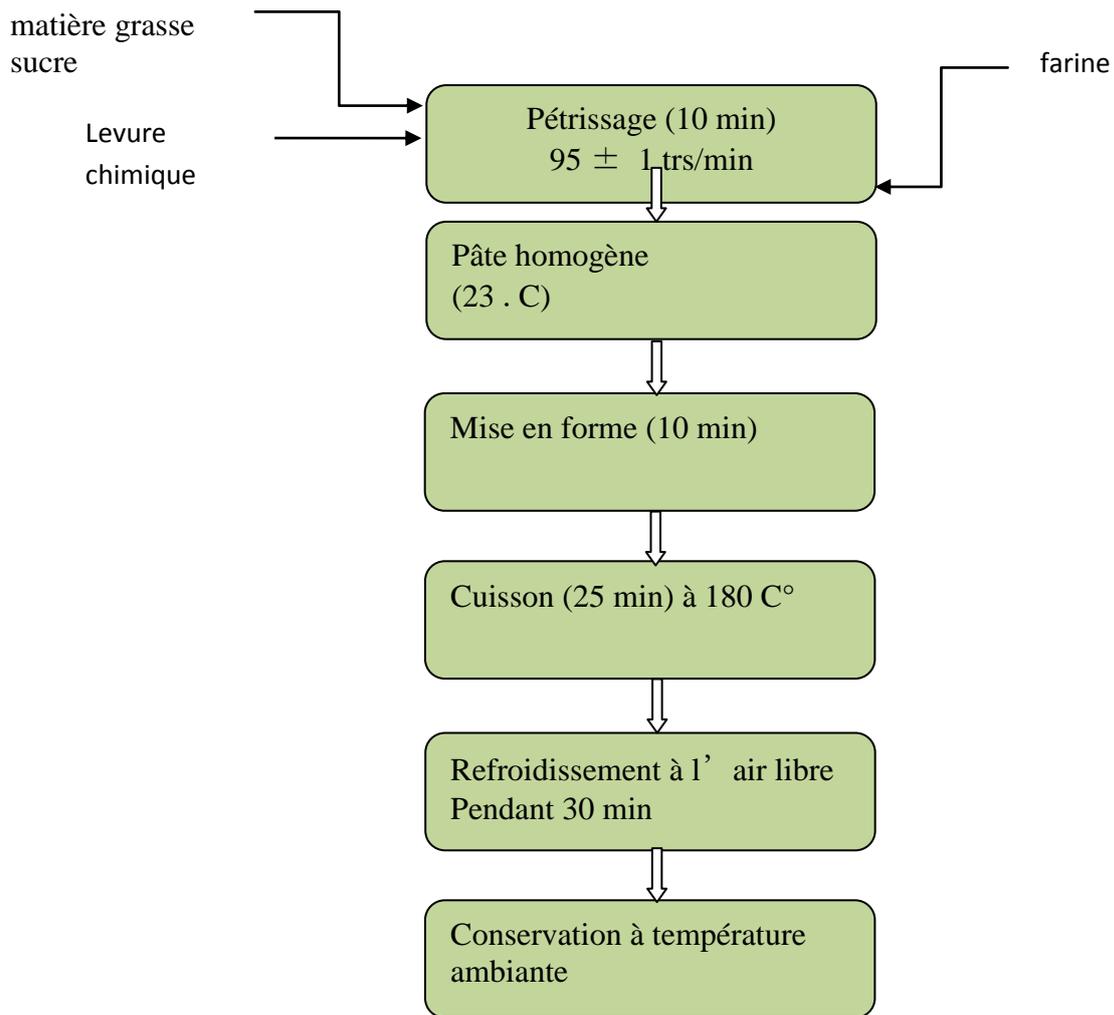


Figure 13 ■ Diagramme de fabrication adopté pour le biscuit à base de blé tendre et les Formules aux poudres de jujubes.

3.2. Caractérisations biochimiques des biscuits.

Les mêmes protocoles utilisés dans la caractérisation biochimique des fruits sont utilisés pour déterminer la teneur en eau ; la teneur en cendres ; la teneur en protéine , la teneur en lipide et les sucres totaux.

3.3. Evaluation sensorielle

La qualité sensorielle de nos biscuits et yaourts a été évaluée en appliquant deux tests sensoriels: le test de classement par rang et le test hédonique tels que décrits par **Watts et al. (1991)**. Les tests hédoniques sont conçues pour mesurer le degré d'appréciation d'un produit, on se sert d'échelles de catégories allant de (aime beaucoup) à (n'aime pas du tout) ou en passant par neutre avec un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque échantillon, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation.

Aux fins de l'analyse des données ,les catégories sont converties en notations numériques allant de 1 à 9 où 1 correspond à « n'aime pas du tout » et 9 « aime beaucoup». Les notations de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableaux et analysées au moyen de l'analyse de variance (ANOVA) pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les échantillons. Avec l'analyse de variance, la variance totale est répartie en variances affectées à des sources précises (**Watts et al.,1991**).

Le jury se compose de 20 sujets, qui sont des étudiants de Master 2 (Université de Batna1) au sein du laboratoire de technologie alimentaire .Des explications et des instructions ont été données aux dégustatrices avant le commencement de chaque test. Chaque dégustateur reçoit cinq biscuits (ou quatre yaourts dans le cas de yaourt) (nos quatre biscuits fabriqués avec de la farine de jujube et celui le témoin (avec farine de blé). codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres.

Les biscuits sont codés comme suit : 400, 725,250, 975,110 alors que les yaourts sont codés comme suit : 011, 627, 138, 226.

Ensuite sur une fiche, il est demandé à chaque sujet de remplir une fiche d'analyse sensorielle contenant toutes les informations relatives aux paramètres de dégustation (voir annexe 2). Les dégustateurs sont demandés de noter sur une échelle de 1 à 9 l'intensité du descripteur sensoriel. Cette dernière consiste à les classer sous leurs cinq formes (formulations) de consommation par rapport à un biscuit témoins (ou yaourt témoin).

Les échantillons lui sont présentés simultanément pour chaque série et d'une façon anonyme dans des récipients codés accompagnés chacun d'un verre d'eau.

3.4. Détermination de la couleur des biscuits

La couleur des biscuits est déterminée par un chroma mètre type Minolta(CR10), en utilisant en déterminant les paramètres suivantes

L* : désigne la clarté, varie du 0 au 100 (axe blanc –noir).

a* : varie du vert (valeur négative) au rouge.

b* : varie du bleu (valeur négative) au jaune.

4. Fabrication et caractérisation physico-chimique des yaourts

4.1. Fabrication des yaourts

La préparation des yaourts est réalisée à l'échelle de laboratoire en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec modification portant sur la substitution du sucre blanc par la poudre de fruit de *Zizyphus lotus* (**Figure 14**). La recette est présentée dans le tableau 15.

Tableau 15 ■ Recette d'un yaourt nature et des yaourts aux poudres de jujubes (100g).

Recette	Poudre de lait (g)	Sucre (g)	Poudre de jujube (g)	Eau (ml)	Ferment lactique(%)
Yaourt nature (YN)	15	0	0	100	0.05
Yaourt aux poudres de jujube (YJ6)	15	0	6	100	0.05
Yaourt aux poudres de jujube (YJ13)	15	0	13	100	0.05
Yaourt aux poudres de jujube (YJ26)	15	0	26	100	0.05

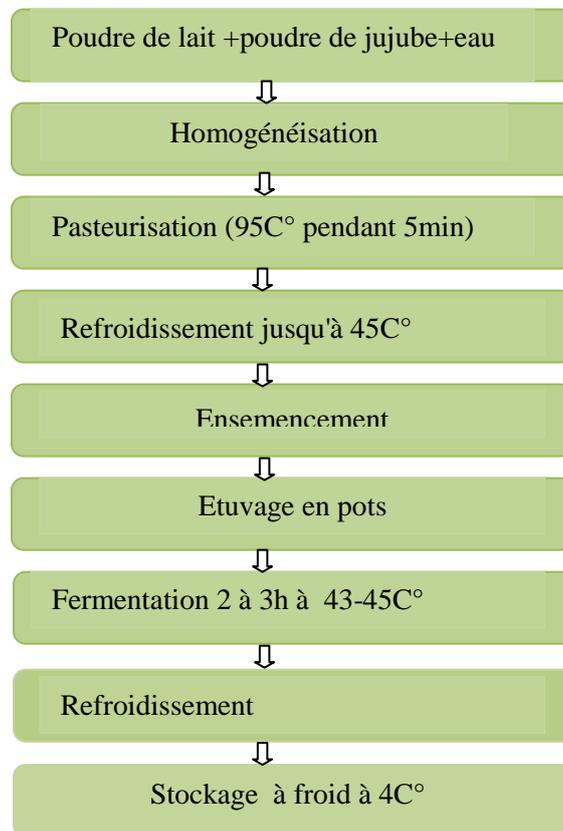


Figure 14 ■ Diagramme de fabrication d'un yaourt à la poudre de jujubes.

4.2. Caractérisation physico-chimique des yaourts

Les mêmes protocoles utilisés dans la caractérisation physico-chimiques des jujubes sont adoptés pour déterminer la teneur en eau ; la teneur en matière grasse ; la teneur en sucres totaux, la teneur en protéine et les éléments minéraux.

4.2.1. L'acidité titrable (NFV04-369,1994)

❖ Principe

Consiste à effectuer un titrage de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénophtaléine comme indicateur.

❖ Expression des résultats

L'acidité est exprimée en grammes d'acide lactique pour 100 g de produit :

$$A = \frac{(V \cdot 0.9)}{m}$$

m : masse, en grammes de produit prélevé.

V : volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée (0.1N).

0.9:facteur de conversion de l'acidité en équivalent d'acide lactique.

4.3. Evaluation Sensorielle

Le même protocole est utilisé pour les biscuits élaborés.

4.4. Détermination de la couleur

Le même protocole est utilisé pour déterminer l'indice de couleur des biscuits élaborés.

4.5. L'analyse microbiologique

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que le yaourt préparé présente une qualité hygiénique et commerciale supérieure. Le tableau 16 résume l'ensemble de germes recherchés et dénombrés (Guiraud ,1988).

Tableau 16 ■ Analyses microbiologiques.

Germes recherchés	Milieux utilisés	T°C d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes totaux	BCPL	37°C	24h
Coliformes fécaux	Schubert	44°C	24h
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	MRS	37°C	72h
Streptococcus thermophilus	M17	37°C	24 h

5. Analyses statistiques

Toutes les analyses sont déterminées en triplicata. Les valeurs des paramètres sont exprimées comme moyenne écart \pm type et l'analyse statistique est exécutée en utilisant le logiciel Xlstat

Le test de Duncan est utilisé pour évaluer la signification des différences entre les valeurs des moyennes au niveau de $P < 0.05\%$.

Le traitement des données pour le test de classement par rang est réalisé en se servant du test de Friedman et de tables statistiques pour un niveau de signification de 5% alors que pour le test descriptif, nous avons réalisés une analyse de variance (**ANOVA**) afin de déterminer s'il y a une différence significative entre les échantillons.

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. Caractérisation morphologique et physicochimique du fruit de *Zizyphus lotus* L.

Les caractéristiques physiques et physicochimiques du fruit de *Zizyphus lotus* étudié sont mentionnées dans le tableau 17.

Tableau 17 ■Caractérisation morphologique et physicochimique des fruits de *Zizyphus lotus* L.

Paramètre	Valeur moyenne
Rapport pulpe /fruit (%)	51.86±2.31
Eau (%)	12.40 ± 0.20
Sucres solubles (%)	24.29 ±0.61
Apport énergétique Kcal	87.24 ±1.07
Cellulose (%)	05.41±0.55
Pectine	02.31±1.02
Protéine (%)	1.43 ± 0.22
Lipides(%)	0.84±0.001
Cendres (%)	3.20 ±0.01
Phosphore (mg/100g)	12.71 ±1.20
Calcium (mg/100g)	650.6 ±4.56
Magnésium (mg/100g)	288.6 ±2.01
Sodium (mg/100g)	13.28 ±1.56
Potassium (mg/100g)	607.4 ±4.23
Cuivre (mg/100g)	0.31 ±0.02
Fer (mg/100g)	2.50 ±0.08
Manganèse (mg/100g)	1.24 ±0.01
Zinc (mg/100g)	1.93 ±0.03

1. 1.Caractérisation physiques des fruits de *Zizyphus lotus* L.

Il ressort de ces résultats que le rapport pulpe/fruit de *Zizyphus lotus* est de 51.86%. Ce rapport se rapproche de ceux rapportés par **Abdeddaim ,(2016)** ; **Boudraa, (2008)** pour la même espèce et qui sont respectivement 50.36% et 55.36%.

Le rapport pulpe/fruit trouvé permet d'exprimer des paramètres d'un grand intérêt du point de vue alimentaire ainsi il permet d'estimer la quantité exploitable par rapport au fruit entier, ce qui a aussi un intérêt économique. Enfin, il nous donne un aperçu assez clair sur les dimensions de nos fruits. Comme les substances nutritionnelles et actives comestibles se concentrent dans la pulpe, plus le rapport pulpe/fruit est important plus le taux des substances consommées est important.

1.2. Caractérisation physicochimique du fruit de *Zizyphus lotus* L.

1.2.1. Teneur en eau

L'analyse du taux d'humidité au niveau de la pulpe de *Zizyphus lotus* a montré une faible proportion estimée à 12.40 %. À partir de cette valeur, nous avons pu déterminer le pourcentage en matière sèche (MS) qui s'est révélé important de 87.65%.

Nos résultats concordent avec ceux de **Abdeddaim et al., (2014)** qui ont trouvé 12.27% par contre **Ghalem (2014)**, a trouvé une valeur de 08.90% pour le même fruit.

Le jujubier (*Zizyphus lotus*) quant à lui, la teneur en eau est faible (12.35±0.55%) et comparée à d'autres variétés du même genre en l'occurrence, le *Zizyphus maritiana* (**Grosskinsky,1999**), *Zizyphus spin-christi* (**Antony, 2005**) et *Zizyphus jujuba* (**Catoire et al.,1994**) dont la teneur en eau est comprise entre 46 et 85%.

D'après **Ruiz-Rodriquez, (2011)**, les facteurs qui peuvent influencer sur la teneur en eau sont: l'âge de la plante, la période du cycle végétatif et même des facteurs génétiques. Cette variation de la teneur en eau peut être due aussi aux différentes conditions environnementales: exposition aux différentes conditions pédoclimatiques et répartition géographique.

Selon **Bretauudeau et Fauré, (1992)**, c'est l'eau qui tient en dissolution tous les sels minéraux, les sucres, les enzymes et d'autres composés dans les fruits. Les pourcentages d'eau sont de l'ordre de 80 à 90 % pour les fruits charnus, bien moins élevés mais très variables pour les fruits secs tels que les dattes de 5 à 50% dont la conservation est aisée pour de longues périodes de stockage à la température ambiante. Les baies de jujube apparaissent comme l'un des fruits secs.

1.2.2. Teneur en sucres totaux

Les sucres sont les constituants responsables de la douceur de l'aliment.

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 17, nous remarquons que la teneur en sucres solubles des fruits de *Zizyphus lotus* L. est de 24.29%. Nos résultats s'approchent de ceux trouvés par **Ghalem, (2014)** pour des jujubes de l'ouest algérien qui est de 26.00%. Par ailleurs, nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par **Abdeddaim et al., (2014)** pour le même fruit de même provenance, **Li et al., (2007)** qui est de 80.60% pour des espèces de *Zizyphus jujuba*. De nombreux auteurs, dont **Mzouri, (1996)** ; **Ayaz et al., (1999)** ; **Travers (2002)** ; **Money (2004)** s'accordent sur le fait que les sucres des fruits varient en fonction de la variétés considérée, du climat, de l'âge de la plante et de la charge des arbres.

Sedra, (2003) montre qu'un excès d'eau d'irrigation entraîne une diminution de la teneur en sucres du fruit et un retardement de leur maturité.

D'après les teneurs obtenus dans cette présente étude, ces fruits constitueraient une source non négligeable de sucres qui fournissent des calories et confèrent aux fruits leurs saveurs sucrés et arômes agréables. Ce qui a permis aux utilisateurs à procéder à la transformation de ces fruits en plusieurs produits alimentaires notamment les confitures, les compotes, les marmelades et les biscuits.

1.2.3. Valeur énergétique

L'apport énergétique de fruit de *Zizyphus lotus* est mentionné dans le tableau 18.

Tableau 18 ■ Apport énergétique de la partie comestible des fruits de *Zizyphus lotus* comparé aux fruits conventionnels (**Régal, 1995**).

Fruit	Apport énergétique(Kcal)
Fruit de la passion	97.00
Banane	90.00
<i>Fruit de Z.lotus</i>	87.00
<i>Gingembre</i>	80.00
<i>Grenade</i>	74.00
<i>Raisin</i>	72.00
Cerise	68.00
Grenade	62.00
Mangue	60.00
Pomme	54.00
Ananas	52.00

Il ressort de cette valeur que le fruit de *Z.lotus* est un fruit énergétique avec un apport de 87.44%. Au titre comparatif : le fruit de *Zizyphus lotus* apporte 87.44 Kcal et paraît un fruit calorique, ce qui le met au même niveau calorique que la banane.

1.2.4. Teneur en cellulose

La teneur en cellulose du fruit de *Zizyphus lotus* est de 5.41%, elle est proche de l'intervalle (5,24-7,81%) trouvée par **Li et al .,(2006)** pour des variétés de *Zizyphus jujuba* cultivées en Chine.

La teneur globale en fibre des végétaux varie avec leur âge, leur provenance et leur degré de maturation (**Apfelbaum et Roman, 2004**).

A la suite de notre étude, nous déduisons que nos fruits sont riches en cellulose, ce polysaccharide constitutif participe considérablement à la texture des fruits et confère aux parois leur rigidité (**Dilmi-Bouras, 1998**).

La cellulose est très employée dans l'industrie agro-alimentaire de même que ses dérivés, en l'occurrence la carboxyméthylcellulose qui est très utilisée comme améliorant dans les

crèmes glacées, pour la conservation des farines et participent à leur rigidité, il accélère et stimule le fonctionnement des intestins (**Alais et Linden, 1996**)

1.2.5. Teneur en pectine

La teneur en pectine des fruits de *Zizyphus lotus* est de l'ordre de 2,31%, elle est comprise dans l'intervalle (0,57-2,79%) trouvée par **Li et al. (2006)** et aussi voisine à celle de l'orange qui est de 2,36% trouvée par **Baker,(1997)** et même inférieure à celle du pruneau sec avec une valeur de 4,02% donnée par **Roberfroid, (2002)** et de celle de pamplemousse d'une valeur de 3,40%. En effet, le fruit est l'une des matières végétales la plus riche en matières pectiques ; celles-ci se trouvent sous diverses formes selon le degré de maturité des fruits (**Dilmi-Bouras, 1998**).

D'après nos résultats, nous constatons que ces fruits renferment des quantités considérables de pectines, dépassant celles trouvées dans les meilleures sources de pectines à l'instar du cassis avec 1,2%, le coing de 0.6 à 0,7 %, ou l'abricot de 0,5%. À partir de ces résultats, on peut dire que nos fruits sont riches en pectine, qui est en grande partie responsable de la texture des fruits et qui exerce une action bénéfique et douce sur le transit intestinal et qui favorise en effet la prise en gelée des fruits ou du jus de fruit.

1.2.6. Teneur en protéine

Il en ressort du tableau 17 que nos fruits sont pauvres en protéines (1.43%).

Ces résultats se rapprochent à la fois de ceux rapportés par les travaux de **Abdeddaim et al .,(2014)** ; **Ghalem ,(2014)** pour le même fruit et qui sont respectivement comme suit 1.93% et 2.10% et aussi nos résultats rejoignent aussi ceux trouvés par **Clause,(1992)** dont les valeurs sont comprises entre 0.8 à 2.1 pour le fruit de *Zizyphus lotus*.

Les tables de composition de quelques aliments présentés par **Messaili, (1995)** donnent des valeurs très proches de nos résultats (pour les fruits secs), oscillent entre 0.3 à 2.8%. Ces teneurs bien que faibles, ne sont pas négligeables comme compléments ou suppléments protéiques. La différence dans la teneur en protéine peut être expliquée par l'origine des conditions d'analyse ; des cultivars et des conditions environnementales.

Ashraf et Hamidi-Esfahani, (2011) montrent qu'au cours de la maturation, les protéines jouent un rôle important dans la réaction de brunissement non-enzymatique (Maillard). Cela pourrait être la raison de la diminution de la teneur en protéines au cours de la maturation.

En général, les fruits ne sont pas une bonne source d'acides aminés en raison de leur faible teneur en protéine. Malgré, cette faible teneur, les protéines des fruits sont équilibrées

qualitativement (les fruits contiennent tous les acides aminés essentiels), ils sont principalement concentrés dans l'amande que dans la pulpe (**Abdeddaim, 2016**).

Selon Huxley,(1992) les protéines tiennent une place particulièrement importante car elles ne peuvent pas être remplaçables par un autre nutriment et leur importance tient essentiellement à leur fonction dans l'organisme de façon générale :les protéines végétales sont présentes en quantité plus ou moins importante dans tous les végétaux.

1.2.7. Teneur en matière grasse

Les résultats obtenus montrent que le fruit de *Z.lotus* a une teneur faible en matière grasse (0.84%). Toutefois nos résultats se rapprochent beaucoup plus de ceux obtenus par **Ghalem (2014)** , **Ferhat, (2008)** ayant travaillé sur le même fruit qui sont respectivement comme suit 0.9 et 0.79%. **Abdeddaim et al., (2014)** Par contre, ont trouvé une valeur de 1.32%. Le fruit contient une faible teneur en lipides, ces derniers sont principalement concentrés dans la peau que dans la pulpe.

Ces petites différences des résultats peuvent s'expliquer par la variété, du stade de maturation ; le climat et le mode d'extraction, la région, la fertilisation, les techniques culturales et le séchage (**Ferhat, 2008 ; Nadeem et al .,2011**).

D'après **Ghalem (2014)**, les acides gras, d'huile des jujubes, sont principalement des acides gras insaturés localisés dans la pulpe (60.95%). Il est à noter que cette dernière contient de l'acide érucique (2.81%). Par ailleurs, **Benammar (2011)**, signale l'absence totale de l'acide linoléique dans la pulpe des fruits de *Zizyphus lotus* L.

1.2.8. Teneur en cendres

La détermination de la teneur en matière minérale nous éclaire sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon à analyser. En effet, la teneur en cendres des aliments doit avoir un seuil limitant pour la consommation humaine et animale.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que la teneur en cendres est important dans la pulpe (3.32%).

Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par **Abdeddaim et al., (2014)** ; **Ghalem (2014)** ; **Boudraa et al., (2010)** pour la même espèce qui sont respectivement comme suit :3.20%, 3.44% et 3.21%. Nos résultats rejoignent aussi ceux de **Li et al., (2006)** qui ont trouvé des valeurs comprises entre 2.26 et 3.1% pour d'autres espèces de *Zizyphus jujuba*.

Par ailleurs, Selon **Boudraa et al., (2010)**, cette matière minérale est composée de calcium (490.84 mg/100g), magnésium (397.91 mg/100g), potassium (134.99 mg/100g), sodium (11.45 mg/100g) et phosphore (10.62 mg/100g).

1.2.9. Teneurs en éléments minéraux

Le tableau 17 montre que parmi les minéraux étudiés, le calcium et le potassium sont les plus abondants avec des valeurs de 650.6mg/100g et 607.6mg/100g respectivement, suivi par le magnésium avec une valeur de 288.6mg/100g.

Les jujubes constituent aussi une source en oligoéléments, tels que le fer 2.50mg/100g, le manganèse 1.24mg/100g, le Zinc 1.93mg/100g .

1.2.9.1. Eléments majeurs

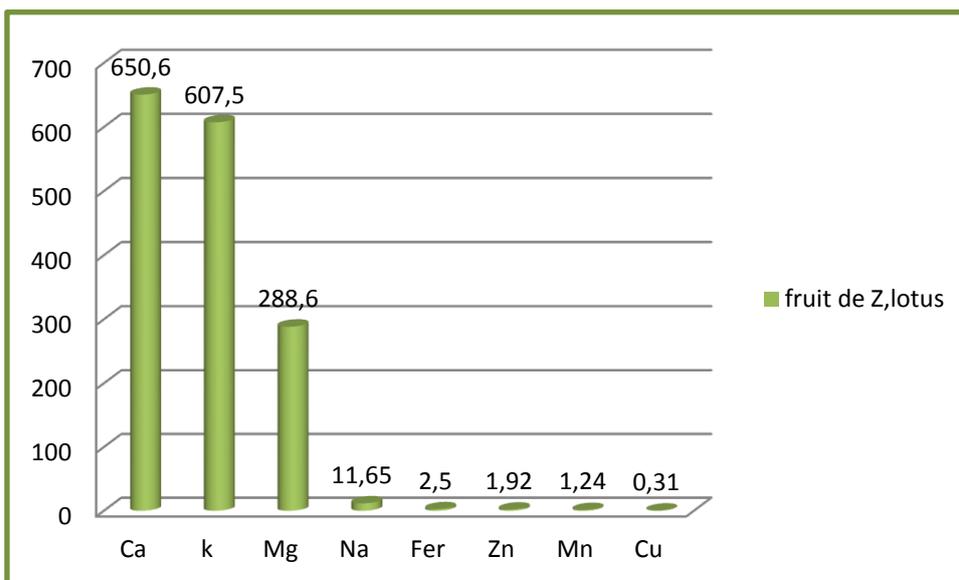


Figure 15 ■ Teneurs en éléments minéraux de fruit de *Z.lotus* (mg/100g).

1.2.9.1.1. Teneur en phosphore

La teneur en phosphore des fruits semble faible avec une valeur de 11.65%. Nos résultats restent cependant assez faibles comparés à ceux de **Murdock, (2002)**, **Li et al.,(2007)**, **Jama et al., (2007)** à savoir 65mg/100g de MS,59-110mg/100g de MS,105mg/100gde MS respectivement.

Abdeddaim, (2016) signale que la teneur moyenne en phosphore est plus importante dans l'amande (25.00%) que dans la pulpe (10.62%) de fruit de *Z.lotus*.

Comparés aux autres espèces de fruits tels que le abricots (23mg/100g de MS), les pommes (10mg/100g de MS) ou d'une manière générale aux fruits dont la teneur est comprise entre 100 et 400 mg/100g de poids frais (**Trémolière, 1977**). Nos fruits contiennent donc des teneurs non négligeables en phosphore.

La composition minérale des fruits est largement affectée par l'origine géographique, la fertilité des sols, la composition de l'eau d'irrigation ainsi que par la quantité d'engrais chimiques et organiques appliquées (**Lekbir, 2016**).

Le corps d'un adulte contient 700 grammes de phosphores dont 87% de celui –ci se trouve dans le tissu osseux assurant la rigidité et la solidité de l'os. Ces molécules sont en renouvellement constant. Comme le phosphore est largement répandu dans les aliments, il n'existe donc pas de carence.

1.2.9.1.2. Teneur en calcium

Le taux de calcium dans la pulpe des jujubes est de 650.6 mg/100g de MS. Cette teneur est légèrement supérieure à celle trouvée par **Abdeddaim, (2016)** qui donne une valeur de 490.84 mg/100g de MS. par contre, **Murdock ,(2002)** signale une valeur nettement inférieure à la notre qui est de 21mg/100g de MS.

Compte tenu des faibles quantités de calcium dans le sol et l'antagoniste de magnésium et de potassium sur l'absorption du calcium, on explique alors la variation de calcium dans les mêmes variétés dépend de l'âge de l'organe (**Heller et al., 1990**), la zone de répartition des arbres et arbustes, le Climat, l'utilisation des engrais, l'irrigation et le drainage (**Jaffré, 1977**).

Comparés aux autres espèces de fruits tels que les pruneaux et les raisins secs dont les teneurs en Ca sont respectivement de l'ordre de 59 et 60 mg/100g de matière sèche (**Aardes, 1977**). Les jujubes étudiés sont des sources très intéressantes. Les apports journaliers conseillés sont de l'ordre de 800 mg/jour pour l'adulte et 1000 à 1400 mg/jour pour les personnes âgées, donc nous pouvons dire que les jujubes peuvent contribuer à ce besoin.

Le calcium est un nutriment nécessaire car en plus d'être essentiel au développement des os, il joue un rôle important en matière de santé, il aide également au bon fonctionnement du cœur, des muscles et des nerfs. Des études effectuées auprès de personnes âgées montrent qu'un apport adéquat en calcium peut ralentir la perte osseuse et diminuer le risque de fractures.

1.2.9.1.3. Teneur en magnésium

La teneur de jujube en magnésium est de 288.6mg/100g de MS, nos résultats sont proches de ceux mentionnés par **Abdeddaim et al., (2016)** qui est de 397.91 mg/100g de MS.

Dans le monde végétal, le magnésium entre dans la constitution de la chlorophylle, qui joue un rôle essentiel dans la photosynthèse. On conseille un apport au moins égal à 350mg/jour chez l'adulte. Les apports sont souvent inférieurs à ce chiffre (**Pinta et al., 1992**).

1.2.9.1.4. Teneur en sodium

Le fruit de jujubier a une teneur en Na de 12.63 mg/100g de MS, elle est proche de celle trouvée par **Boudraa et al., (2010)** qui est de 11.45 mg /100 g de MS. Par contre, **Murdock , (2002)** a obtenu une valeur nettement inférieure à la notre qui de 3 mg /100 g de MS.

D'après Pinta (1980), la teneur de sodium chez les végétaux varie de 10 à 600 mg/100g de MS. D'après **Levitt, (1980)**, la présence de sodium en faible concentration peut s'expliquer par l'augmentation de l'absorption de potassium, tandis qu'une concentration élevée en sodium diminue l'absorption des cations dispensables tels que le potassium et le calcium. Les variations des teneurs en sodium des fruits dépendent de l'alimentation minérale agissant à la fois sur le développement végétatif de l'arbre, son fonctionnement et sur la composition physico-chimique des fruits. Le potassium est le troisième élément par importance dans l'organisme (environ 3g/kg). La principale fonction du potassium concerne le maintien des constantes physico-chimiques des cellules (équilibre acido-basique et pression osmotique) (**Meschy, 2010**). Le potassium est un élément de la cellule.

1.2.9.1.5. Teneur en potassium

Le fruit de *Zizyphus lotus* contient une teneur en potassium soit 607.40mg/100g de MS, cette dernière est supérieure à celle trouvée par **Murdock, (2002)** ; **Abdeddaim et al., (2016)** qui sont respectivement comme suit 397.91mg/100g de MS, 250mg/100 g de MS. Le potassium se trouvant pratiquement à l'intérieur des cellules de tous les tissus animaux ou végétaux. Comparés aux figes sèches dont la teneur en potassium est de l'ordre de 214g/100g ou d'une manière générale aux végétaux dont la teneur est comprise entre 100-3000mg/100g de matière sèche (**Pinta, 1980**). Les jujubes constituent une très bonne source de potassium. La principale fonction du potassium concerne le maintien des constantes physico-chimiques des cellules (**Meschy, 2010**).

Selon **Tortora et Angnostakos, (1987)**, le K est le principale cation du liquide intercellulaire, il joue un rôle dans la transmission des influs nerveux et la concentration musculaire.

1.2.9.2. Eléments mineurs« oligo-éléments »

1.2.9.2.1. Teneur en cuivre

La teneur de fruit en cuivre est de 0.31 mg/100g de MS qui se rapproche de celle obtenue par **Abdeddaim et al .,(2014)** qui de 0.37mg/100g de MS.

le cuivre participe à de nombreuses fonctions : antioxydant, synthèse du collagène, de la myéline et joue un rôle dans l'immunité cellulaire (**Jaccot et campillo, 2003**). Les besoins journaliers moyens de l'adulte sont de 2 à 5mg (**Albert, 1998**).

1.2.9.2.2. Teneur en Fer

La teneur de fruit en Fer est de 2.50 mg/100g de MS , cette teneur est plus élevée que celle trouvée par **Abdeddaim, (2016)** qui est de 1.33 mg/100g de MS .

Le fer est présent dans l'organisme qu'en très faible quantité : environ 4g dans le corps d'un adulte de sexe masculin ; et 2.5 g dans celui d'un adulte de sexe féminin. Malgré cette présence en très faible quantité, le fer a des fonctions essentielles à la vie. Il entre dans la biosynthèse de l'hémoglobine, de la myoglobine du muscle et d'enzyme essentielles au métabolisme cellulaire (**Dupin et al., 1992**).

Apports conseillés en fer 15 mg pour l'adolescent en période de croissance et 10mg pour l'homme adulte.

1.2.9.2.3. Teneur en manganèse

La teneur de jujube en manganèse est de 1.24 mg/100g de MS, cette teneur est proche de celle trouvée par **Murdock (2002)**, soit 1mg/100g de MS, par contre, **Abdeddaim (2016)** obtient une valeur en manganèse de 2.17 mg/100g de MS pour la même espèce. Par ailleurs, nos résultats sont inclus dans l'intervalle (0.5-20mg/100g de MS) donné par **Pinta (1980)**.

Le manganèse est un métal dur, voisin du fer, assez répandu dans la nature dans divers minéraux. Chez l'homme, le besoin quotidien est d'environ 3mg. Le manganèse joue le rôle de cofacteur enzymatique de certaines hydrolases, des enzymes de la synthèse des acides nucléiques. Il interviendrait aussi dans la coagulation (**Lafond, 1999**). L'Organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'un adulte consommerait quotidiennement entre 0,7 et 10,9 mg de Mn selon son type d'alimentation (**OMS, 2004**).

1.2.9.2.4. Teneur en Zinc

La teneur en Zinc présent dans les jujubes est très faible par rapport à celles trouvées par **Murdock (2002)**, pour le jujube cru et **Anthony (2005)**, pour la variété *Zizyphus spina_christi*. Le phosphore, le cuivre et le fer peuvent entrer en compétition avec le zinc dans l'absorption (**Bethet et al., 1983**).

Selon **Berthet et al., (1983)**, qui estime que ce métal s'accumule rapidement dans les zones urbaines et la migration de ce métal dans les végétaux dépend plus de leur stade de croissance et les propriétés physico-chimiques du sol.

Plus de 200 enzymes et certaines hormones (croissance notamment) ont besoin de zinc pour fonctionner correctement. Le zinc est, entre autres, indispensable au renouvellement cellulaire, au renforcement du système immunitaire, à la santé des os, de la peau, des ongles, au développement des organes reproducteurs. Les apports alimentaires usuels en Zinc s'échelonnent de 5 à 13 mg pour un grand nombre de population de tous âges.

Les éléments minéraux des jujubes peuvent avoir aussi un rôle thérapeutique important dans : le bon fonctionnement du système immunitaire (Zinc), traitement des nausées et de maux de têtes et la corrélation rapide des effets de l'anémie (Fer), action contre l'ostéoporose (Ca) et aident à contrôler la fréquence cardiaque et la pression artérielle (K) (Sidhu, 2006).

1.3. Caractérisation phytochimique

1.3.1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction, la teneur en polyphénol, la teneur en flavonoïde, et l'activité antioxydante sont rapportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 ■ Caractérisation phytochimique du fruit de *Zizyphus lotus*.

Paramètre	Valeur moyenne
Rendement (%)	19.6
Polyphénols totaux (µg EAG/mg)	4.98
Flavonoïdes (µg EQ/mg)	0.82
Activité antioxydante (%)	71.40

D'après le tableau 19, le résultat obtenu du rendement l'extrait méthanolique de la pulpe de *Zizyphus lotus* est de l'ordre de 19.6%, ce rendement est nettement inférieur à celui enregistré par **Djemai Zoughlache (2009) qui est de 6.4%** pour un extrait méthanolique pour la même espèce. Par contre, **Ghalem, (2014)** signale un rendement de 31% pour un extrait phénolique pour la même espèce. Cette différence de rendement dépend de la méthode, le type d'extrait, les conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée ainsi qu'à l'origine géographique du fruit (**Lee et al. , 2003**). Le rendement n'est qu'une grandeur relative et semble être lié aussi aux propriétés génétiques des plantes, à l'origine géographique, aux conditions et à la durée de stockage et la date de récolte, à la variété et surtout le degré de maturité, ce qui a été confirmé par les travaux de **Abiazar (2007)**.

1.3.2. Les poly phénols totaux

la teneur en polyphénols est de 11.42 µg EAG/mg d'extrait, ce résultat se rapproche de celui rapporté par **Ghalem, (2014)** à savoir 12.26µg EAG/mg d'extrait pour un extrait méthanolique.

Par ailleurs, **Djemai Zoughlache (2009) ; Rsaissi et al., (2013)** pour la même espèce ; **Li et al.,(2007)** pour cinq variétés de *Zizyphus jujuba* ont rapporté des valeurs 5,1.26,5.18 µg EAG/mg respectivement.

La variabilité des teneurs en polyphénols chez ces espèces végétales est due probablement à la composition en fractions phénoliques (**Hayouni et al., 2007**), aux facteurs génotypiques (**El-Waziry, 2007**), aux conditions biotiques (organe et l'étape physiologique) et abiotiques (facteurs édaphiques) (**Ksouri et al., 2008**), à la nature du sol et le type du microclimat (**Atmani et al., 2009**), le temps d'exposition au soleil, l'échantillonnage et les méthodes d'extraction et de dosage (**Colin-henrion, 2008 ; El Hadrami et Al-khayri, 2012**).

Les polyphénols totaux sont connus par leur pouvoir antioxydants et leur vertus biologiques ,ils contribuent à la prévention des maladies dégénératives et cardiovasculaires (**Scalberte et al ., 2002 ; Manach et al ., 2004**),ils participent à la régénération de certains antioxydants tel que la vitamine E (**Scalbert et al., 2002**).

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres générés en permanence par notre organisme ou forme en réponse à des agressions de notre environnement (cigarette, polluants, infections etc..) favorisant le vieillissement cellulaire (**Scalberte et al ., 2002 ; Morelle, 2003; Djéridane et al., 2006**). Ils seraient impliqués dans la prévention des maladies cancéreuses (**Block, 1992 ;Block et Langseth , 1994 ;Rio –Evans et al., 1995 ; Scalberte et William., 2000**).

1.3.3. Les flavonoïdes

Le taux des flavonoïdes du fruit de *Zizyphus lotus* est de 0.82 µg EQ/mg d'extrait sec. Cette teneur est proche de celles obtenues par **Djemai Zoughlache (2009)** et **Rsaissi et al. (2013)** qui donnent respectivement des valeurs de 0.83 et 0.73µg EQE/mg d'extrait Cependant, ce résultat reste faible par rapport à celui obtenu par **Capanoglu et al., (2006)** qui rapportent une valeur de 5.93 dans un extrait méthanolique pour le fruit de *Zizyphus vulgaricus*. par contre, **Ghalem , (2014)** signale une valeur de 0.02µg EQE/mg d'extrait.

Selon **Pawliska et al., (2009)**, la différence de teneur en flavonoïdes entre les fruits dépend non seulement de l'espèce mais aussi aux conditions de croissance, comme le sol,

les conditions environnementales et géographiques durant le développement du fruit et le degré de maturation.

En générale, la teneur en flavonoïdes est fortement dépendante de la variété et des conditions du milieu (Chaira *et al.*, 2009) comme pour les polyphénols totaux. La variation de la teneur en flavonoïdes peut être expliquée par les conditions du stockage utilisé, aussi que l'oxydation par les facteurs externes tels que : la lumière et l'oxygène et la température (Escribano-Bailon et Celestino, 2003).

De nombreuses études relèvent les effets bénéfiques des flavonoïdes sur l'organisme. Ces composés exercent un spectre très large d'activités biologiques et pharmacologiques comprenant des activités antioxydante, anti-inflammatoire, anti-allergique, anti-cancéreuse et antivirale. En plus, les flavonoïdes ont des effets cardio-protecteur, hépato-protecteur et hypoglycémique (Marfak, 2003; Hennebelle *et al.*, 2004).

1.3.4. Activité antioxydante

Le pouvoir antioxydant du fruit de *Zizyphus lotus* est estimé par le test de DPPH où le résultat est exprimé en pourcentage de l'inhibition de l'oxydation du radical DPPH, qui est de l'ordre de 79.40%. Selon Kang *et al.*, (2003) , Cette activité est probablement attribuée en composés phénoliques et que les molécules polaires poly-phénoliques présentes dans les extraits végétaux contribuent à l'augmentation de l'activité anti-radicalaire. Le résultat de l'activité antioxydante est proche de celle citée par de Li *et al.*, (2005) qui mentionnent une valeur de 83,14%.

2. Fabrication des biscuits

La figure 16 présente les biscuits élaborés et enrichis.

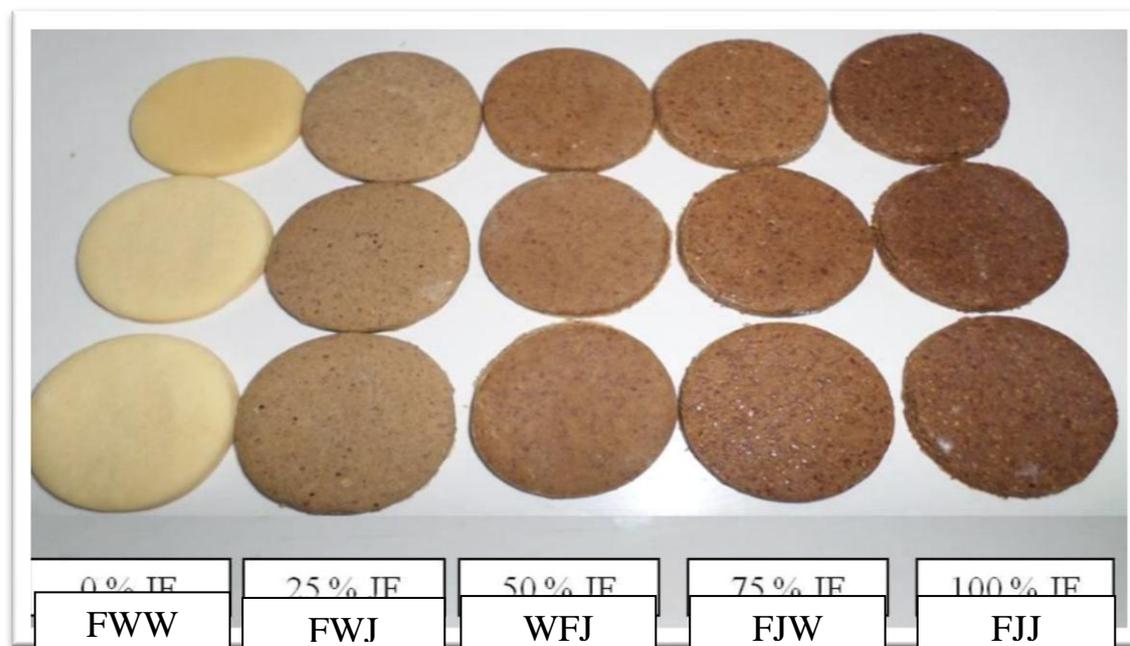


Figure 16 ■ Présentation des biscuits élaborés.

FWW : 100% de farine de blé(témoin).

FWJ : 25% de farine de jujube +75% Farine de blé.

WFJ : 50% de farine de jujube+50% Farine de blé.

FJW : 75% de farine de jujube+25% Farine de blé.

FJJ : 100% de farine de jujube.

2.1. Caractérisation physicochimique des biscuits élaborés

Le tableau 20 présente la composition biochimique des biscuits élaborés.

Tableau 20 ■ Composition biochimique des biscuits élaborés.

Biscuits	Humidité(%)	Sucres (%)	Lipides(%)	Protéines(%)	Cendres(%)	Valeur énergétique Kcal
FBB	3.61 ± 0.30 ^a	51.73 ± 0.86 ^d	25.76 ± 0.43 ^c	11.49 ± 0.22 ^b	2.34 ± 0.24 ^c	484.40±5.53d
FBJ	3.45 ± 0.59 ^a	53.24 ± 0.53 ^c	26.13 ± 0.17 ^{abc}	12.24 ± 0.25 ^a	3.32 ± 0.24 ^b	497.10±2.89 ^c
BFJ	3.27 ± 0.17 ^{ab}	57.03 ± 0.74 ^b	26.41 ± 0.42 ^{ab}	12.39 ± 0.25 ^a	3.51 ± 0.25 ^b	515.46± 5.78 ^b
FJB	2.99± 0.49 ^{bc}	58.58 ± 0.56 ^a	26.51 ± 0.28 ^a	12.35 ± 0.97 ^a	3.60 ± 0.33 ^b	517.45± 4.78 ^b
FJJ	2.61 ± 0.55 ^c	59.43 ± 0.80 ^a	26.08 ± 0.36 ^{bc}	11.25 ± 0.45 ^b	4.19 ± 0.24 ^a	522.95± 5.36 ^a

FBB : 100% de farine de blé(témoin).

FBJ : 25% de farine de jujube +75% Farine de blé.

BFJ : 50% de farine de jujube+50% Farine de blé.

FJB : 75% de farine de jujube+25% Farine de blé.

FJJ : 100% de farine de jujube.

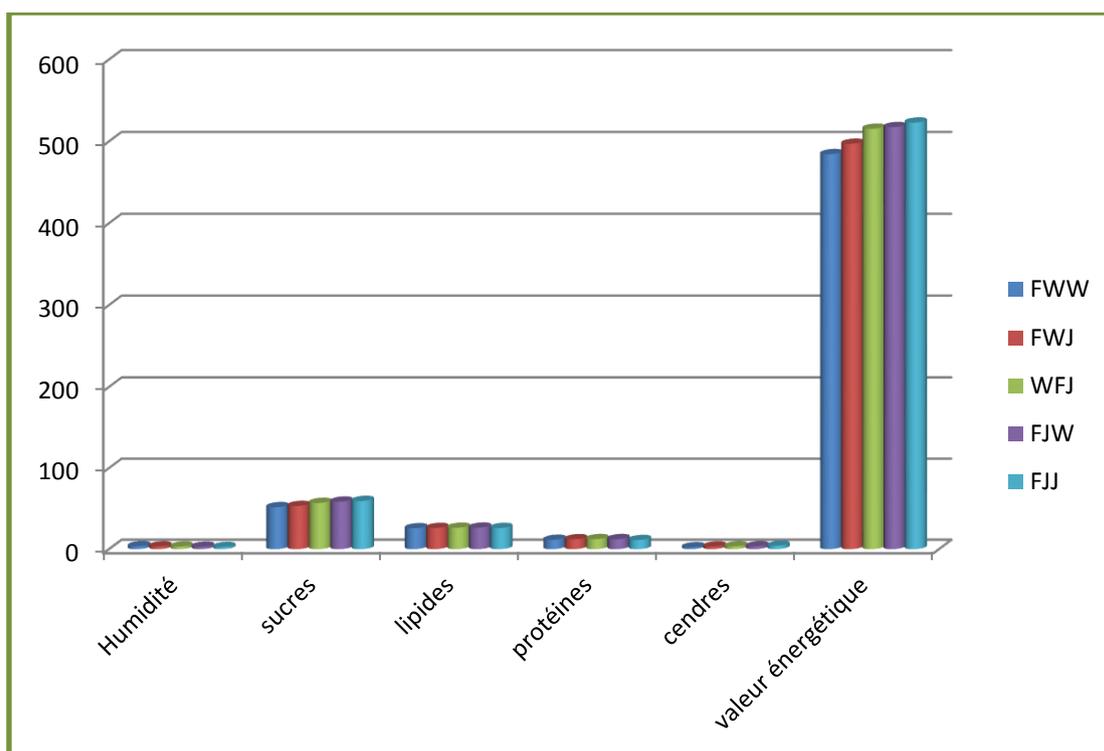


Figure 17 Composition biochimique des biscuits élaborés.

FWW : 100% de farine de blé(témoin).

FWJ : 25% de farine de jujube +75% Farine de blé.

WFJ : 50% de farine de jujube+50% Farine de blé.

FJW : 75% de farine de jujube+25% Farine de blé.

FJJ : 100% de farine de jujube.

2.1.1. Teneurs en eau

La teneur en humidité varie de 2.61 (100% de farine de jujube) à 3.61% (témoin), il y a une différence significative entre les teneurs en eau des biscuits. La diminution de la teneur en humidité peut être due à la diminution de la teneur en protéines, selon **Mustafa et al ., (1986)**, il ya une corrélation entre la diminution de la teneur en eau de produits de boulangerie avec la diminution de la teneur en protéines.

Le biscuit à base de la farine de blé à 100% contient 3.61% d'humidité contre 2.61% d'humidité dans le biscuit fabriqué à 100% de farine de jujube. Cependant les teneurs en eau des biscuits sont élevées par rapport aux valeurs rapportées par le groupe de travail PNNS en 2007 sur les biscuits secs à base de blé (2%). En somme, cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation des produits. Ces résultats rejoignent ceux de **Islam et al., (2012)** qui signalent qu'avec l'ajout de farine de riz brun , la teneur en eau des biscuits est légèrement diminuée.

Par contre, **Yadav et al., (2012)** , **Yagi et al.(2011)** , **Kumar et al.(2004)**, qui ont travaillé sur la farine de cacahuète, la farine de moutarde, la farine de mil respectivement, affirment que l'ajout de la farine ajoutée augmente la teneur en eau des biscuits enrichis. Par ailleurs,

Gupta et Avinash , (2014) confirment que l'augmentation de la teneur en humidité peut être expliquée par la plus grande quantité de polysaccharides présents dans le son de blé.

Wade et Staffor ,(1968) ont signalé que la teneur en humidité de différents biscuits varie en fonction du type de biscuit produit. Par exemple, les biscuits à la crème ont une teneur en humidité d'environ 4,3%, tandis que la digestion en contient environ 4,5%.les biscuits sec 2.6%. La spécificité des biscuits par rapport à d'autres produits céréaliers comme le pain réside dans leur faible teneur en eau et le nombre important d'ingrédient entrant dans leur composition (**Charun et Morel ,1988**).

2.1.2. Teneur en sucres

La teneur en glucides totaux des biscuits est significativement augmentée. Elle est située entre 51.73%(100% farine de blé) et 59.43% (100% farine de jujube), cette augmentation est due à la forte teneur en glucides de la farine ajoutée.

Les biscuits ont des teneurs en glucides de l'ordre de 70%. Ainsi, les biscuits sont susceptibles d'apporter environ 480 kcals pour 100g quelque soit le type de biscuits (**Yadav et al ., 2012**).

2.1.3. Valeur énergétique

En effet, les valeurs énergétiques sont comprises entre 484.40Kcal et 522.95 Kcal pour les biscuits. Il ya une différence significative observée entre les valeurs énergétiques des biscuits de jujube enrichis avec ceux des biscuits témoin.

La teneur en calories a augmenté (424,34 - 476,41 calories) avec l'augmentation de la farine de jujube.

Les densités énergétiques obtenues au niveau des biscuits sont par contre plus élevées que celles des biscuits de blé rapportées par le groupe PNNS en 2004 (435 kcals).

Ayo et al., (2007) rapportent que l'augmentation de la teneur en calories pourrait être due à la teneur élevée en graisse de la farine ajoutée.

Les valeurs calorifiques obtenues confèrent aux biscuits un pouvoir nutritionnel très intéressant. Retenons que les biscuits optimisés (hautes valeurs énergétiques) pourront servir de compléments alimentaires en cas de carences protéino-énergétiques.

2.1.4. Teneur en lipide

Pour les lipides, il ya une différence significative ($p>0,05$) entre les teneurs en lipides des biscuits. Elles sont comprises entre 25.76% (100% farine de blé) et 26.08% (100% farine de jujube). La teneur en matière grasse des biscuits ne semblait pas varier beaucoup car les mêmes quantités de matière grasse avaient été ajoutées. Une plus grande rétention d'huile améliore la sensation en bouche et conserve la saveur des biscuits (**Islam et al ., 2015**).

Cependant, elles sont nettement supérieures à celles présentées par le groupe PNNS en 2007 (12,0%) pour les biscuits secs à base de blé. Cette forte teneur en matières grasses confère aux biscuits un fort potentiel calorifique et contribue à améliorer la composition nutritionnelle des biscuits.

La graisse joue un rôle important dans la durée de conservation des produits alimentaires. Les produits alimentaires à haute teneur en matières grasses ont tendance à se détériorer rapidement (**Ihekoronye et Ngoddy, 1985 ; Adepeju et al., 2015**).

Les régimes riches en matières grasses prédisposent également les consommateurs à différentes maladies telles que l'obésité, les maladies coronariennes, etc.

En conséquence, la teneur relativement faible en matières grasses observée dans les biscuits est souhaitable à la fois pour le producteurs et les personnes qui font attention à leur santé (**Okpala et Chinyelu , 2011**). L'augmentation du taux des matières grasses dans les recettes contribue à l'amélioration de la qualité gustative des biscuits (**Yadav et al., 2012**).

2.1.5. Teneur en protéine

La teneur en protéines des biscuits varie de 12,39 (témoin) à 11,25% (100% farine de jujube). La teneur en protéines des biscuits diminue lorsque la farine de jujube augmente et cela peut être expliqué par la richesse du blé en protéines par rapport à la farine de jujube. Par contre, **Okpala et Chinyelu , (2011)** mentionnent l'augmentation des protéines et des cendres en rajoutant de la farine de pois d'angole .

Dans l'ensemble de ces résultats, on peut dire que l'addition de la poudre de jujube dans le biscuit en tant que substitut de farine de blé (partiellement ou entièrement) , nous a permis d'obtenir des biscuits enrichis en sucres, en protéines ,et en minéraux (surtout le fer, la calcium).

2.1.6. Teneur en cendres

La teneur en cendres va de 2,34% (témoin) à 4,19% (100% de farine de jujube), cette augmentation est expliquée par la teneur élevée de cendres dans les jujubes (à savoir le fer, le calcium, le phosphore et le magnésium) par rapport au blé.

Rosniyana et al., (2011) , Islam et al., (2012) signalent que la teneur en cendres des biscuits enrichis de riz brun a augmenté. L'augmentation de la teneur en cendres peut être due à la forte teneur en éléments minéraux de la farine de riz brun. Il s'ensuit donc que l'incorporation de la patate douce dans la fabrication de biscuits pourrait améliorer l'apport en minéraux de nombreuses personnes.

2.2. Analyse sensorielle des biscuits élaborés

2.2.1. Test d'acceptation (classement par rang d'acceptation)

Les cinq types d'échantillons ont été présentés en même temps à un panel de 20 dégustateurs. Le bulletin servant au classement par rang de l'acceptabilité est celui de l'annexe. On a demandé aux dégustateurs de classer les échantillons en termes d'acceptabilité, en donnant à chaque échantillon une cote différente même s'il semblait comparable. L'échantillon auquel on accordait l'aspect le plus acceptable se voyait donner la cote 1, le suivant la cote 2 et celui qui paraissait le moins acceptable la cote 5.

Les cotes de classement données à chaque échantillon par les 20 dégustateurs ont été regroupées dans le tableau 21.

Tableau 21 ■ Données du test de classement par rang d'acceptation des biscuits élaborés et enrichis.

Dégustateurs	Biscuit				
	FWW	FWJ	WFJ	FJW	FJJ
1	1	3	2	4	5
2	2	1	3	4	5
3	1	4	3	5	2
4	2	3	4	5	1
5	1	2	3	4	5
6	1	4	2	5	3
7	2	3	4	1	5
8	2	1	3	4	5
9	2	3	1	4	5
10	1	2	3	5	4
11	1	4	3	2	5
12	1	5	4	2	3
13	1	2	3	5	4
14	1	3	5	4	2
15	2	5	1	3	4
16	2	1	3	5	4
17	2	4	1	3	5
18	3	1	5	2	4
19	1	2	3	4	5
20	1	3	2	4	5
Total de cotes	30	56	58	75	89

La différence entre les paires de totaux était les suivantes :

FJJ-FJW	15 >
FJJ-WFJ	31 > 28 Différence significative
FJJ-FWJ	33 > 28 Différence significative
FJJ-FWW	59 > 28 Différence significative
FJW-WFJ	17
FJW-FWJ	19
FJW-FWW	45 > 28 Différence significative
WFJ-FWJ	2
WFJ-FWW	28
FWJ-FWW	26

La valeur critique calculée pour $p=0.05$ (avec le test de Friedman), pour 20 dégustateurs et cinq échantillons est 28 d'après le tableau 1 (voir annexe 2).

Notre panel de dégustation a classé le biscuit à base de blé (FWW) en premier lieu comme le plus acceptable (aspect) , suivi de FWJ, suivi de biscuit WFJ ,suivi de biscuit FJW puis le biscuit FJJ.

Le classement des quatre échantillons est le suivant : FWW, FWJ,WFJ, FJW,FJJ.

2.2.2. Test hédonique

Ce test permet de mettre en évidence les différences existant entre les échantillons et aussi de définir le profil sensoriel. Les résultats du test ANOVA (Tableau 22) mentionnent au seuil de probabilité de 5%, les différences significatives entre les cinq biscuits.

Tableaux 22 ■ Résultats du test hédonique des biscuits élaborés et enrichis.

Descripteurs	Biscuit				
	FWW	FWJ	WFJ	FJW	FJJ
Couleur	2.30 ± 0.42 ^a	4.72±1.55 ^b	5.18 ± 1.11 ^b	5.36 ± 1.36 ^c	5.87 ± 1.54 ^c
Odeur	3.12 ± 0.63 ^a	4.09±0.12 ^a	6.21±0.47 ^b	6.55±0.58 ^{bc}	7.33±0.43 ^c
Gout de sucré	3.28±0.22 ^a	4.02±0.26 ^a	6.65±0.12 ^b	6.87±0.13 ^b	7.21±0.25 ^c
Gout de farine	2.36±0.24 ^a	3.42±0.14 ^a	4.22±0.11 ^b	4.56±0.77 ^{bc}	4.71±0.31 ^c
Gout de gras	0.95±0.33 ^a	1.33±0.25 ^a	1.49±0.40 ^b	1.51±0.70 ^{bc}	1.66±0.66 ^c
Arrière gout	1.45±0.18 ^a	2.64±0.16 ^a	3.15±0.12 ^b	3.26±0.63 ^{bc}	3.33±0.24 ^c
Friabilité	4.25±0.78 ^a	3.26±0.12 ^a	3.32± 0.12 ^b	3.23±0.91 ^{bc}	3.02±0.33 ^c
Dureté	1.11±0.13 ^a	2.91±0.18 ^a	5.33±0.14 ^b	5.41±0.16 ^{bc}	5.65±0.27 ^c
Croustillant	1.80± 1.00 ^a	2.18± 1.25 ^a	4.36 ± 0.80 ^a	4.50 ± 1.61 ^b	5.36 ± 1.12 ^b
Acceptabilité globale	5.73±0.11^a	5.28±0.16^a	3.01±0.45^b	2.90±0.63^{bc}	2.60±0.12^c

a,b,c, : Les valeurs de la même ligne notées avec les mêmes descriptifs ne présentent pas une différentes significative au seuil de 5%. Les notes sont attribuées sur une échelle de 1-9.

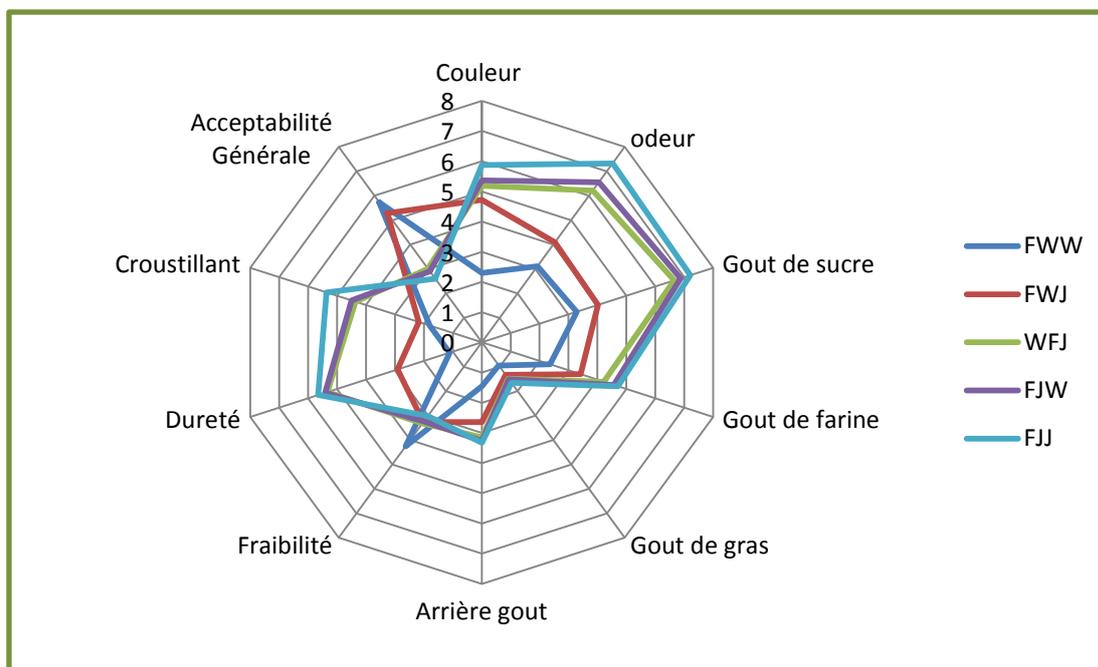
FWW : 100% de farine de blé (témoin).

FWJ : 25% de farine de jujube +75% Farine de blé.

WFJ : 50% de farine de jujube+50% Farine de blé.

FJW : 75% de farine de jujube+25% Farine de blé.

FJJ : 100% de farine de jujube.

**Figure 18** ■ Profils sensoriels des biscuits enrichis sur 10 descripteurs.

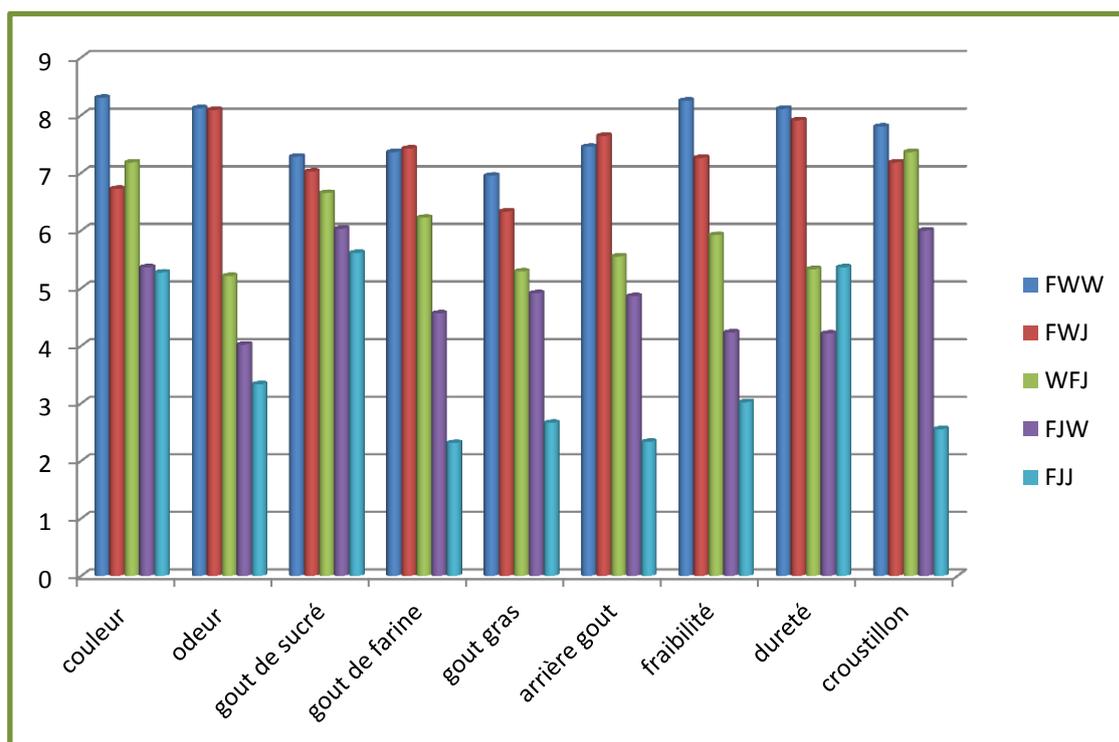


Figure 19 ■ Notes moyennes données pour la couleur, l'odeur, le goût sucré, le goût de farine, le goût de gras, l'arrière goût, la friabilité, la dureté et l'acceptabilité générale des biscuits avec de la farine de jujube et des biscuits témoins.

Les biscuits FWJ enrichis avec de la farine de jujube présentent des caractéristiques physiques proches de celles des témoins FWW.

A travers les notes attribuées aux différents descripteurs, nous avons pu tracer le profil sensoriel de nos produits (Figure 19). Nous constatons que les membres du panel de dégustation décrivent le biscuit FWW (100% farine de blé), comme un biscuit FWJ (25% Farine de jujube et 75% farine de blé) ayant une couleur et une odeur un peu prononcées, avec un goût sucré et un faible goût de farine et de gras avec un léger arrière-goût, friable, d'une dureté et d'un aspect croustillant moyens et d'une bonne acceptabilité globale. D'après les mêmes dégustateurs, il n'y a pas de différence significative entre nos deux biscuits (FWW et FWJ), en ce qui concerne la friabilité, le caractère croustillant et l'acceptabilité globale du biscuit. Mais ils présentent des couleurs légèrement différentes.

Notre panel de dégustation trouve que les biscuits FJJ (100% farine de jujubes) présentent une odeur très prononcée, un goût de sucre relativement élevé avec une couleur trop foncée par rapport aux autres échantillons, ceci pourrait être attribué à sa composition en farine de

jujube. Par ailleurs, le panel de dégustation trouve que l'acceptabilité générale diminue avec l'addition de la farine de jujube au delà de 50%.

Le biscuit témoins (FWW) et le biscuit enrichis (FWJ) sont les plus préférés en termes d'acceptabilité globale suivie de biscuit WFJ, le biscuit FJW .le biscuit FJJ (100% farine de jujube) à été le moins accepté.

2.3. La couleur

La variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) est donnée dans le tableau 23 .

Tableau 23 ■ Variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) de biscuits élaborés .

Biscuits	Indices de couleur		
	L^*	a^*	b^*
FWW	76.9±2.7	3.4±0.23	23.9±1.36
FWJ	50.1±1.41	8.8±2.13	24.3±0.20
WFJ	45.5±3.20	9.4±0.77	24.5±3.12
FJW	40.5±0.56	12.1±1.63	25.2±1.22
FJJ	38.5±1.25	12.3±0.45	25.6±0.56

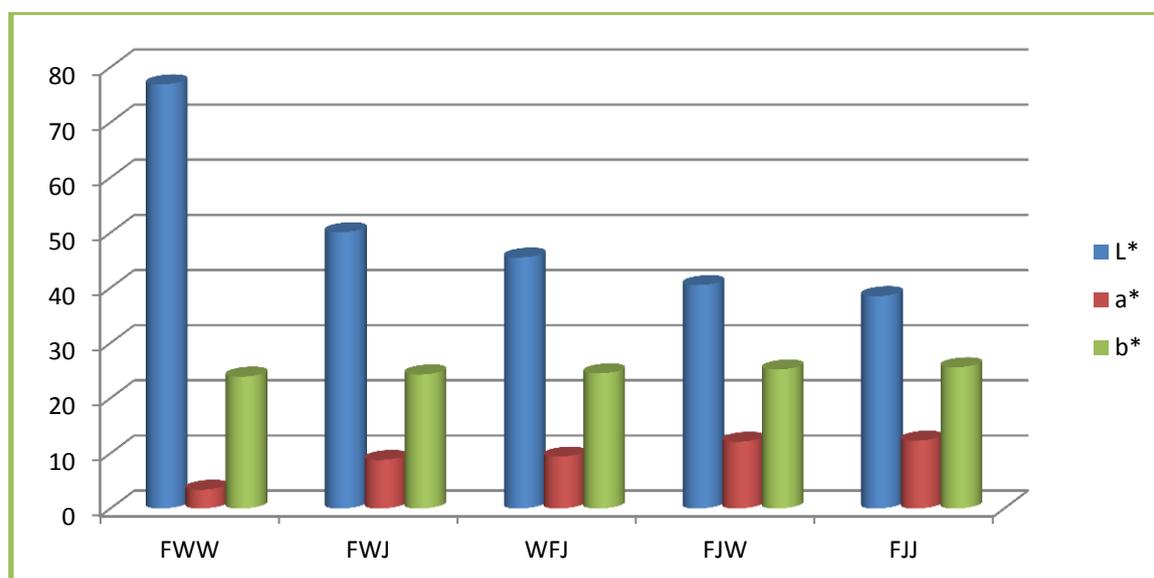


Figure 20 ■ Variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) entre FWW,FWJ,WFJ,FJW et FJJ.

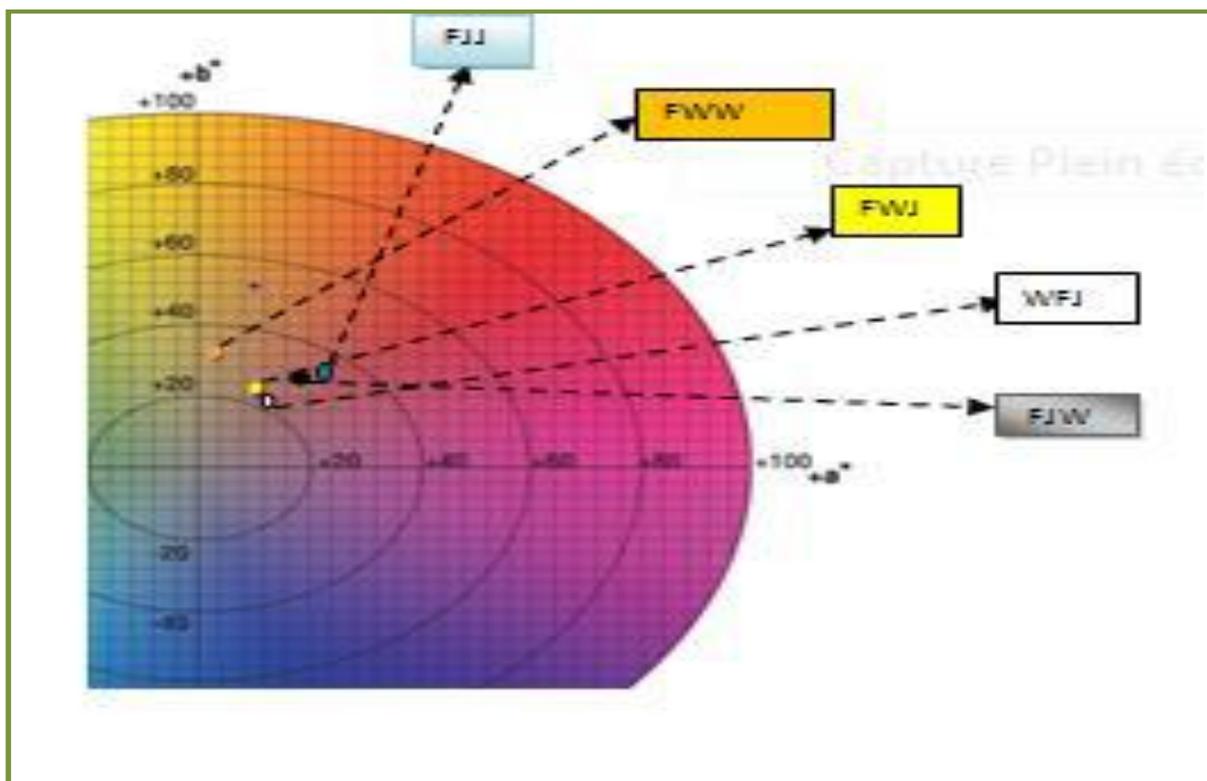


Figure 21 ■ Distribution des biscuits élaborés sur le cercle chromatique.

La couleur des biscuits est un facteur important pour l'acceptabilité initiale des produits alimentaires par les consommateurs.

La valeur de L^* « Lightness » est plus élevée pour FWW, elle est égale à 38.5, 40.5, 45.5 ; 50.1 et 76.9 respectivement pour FJJ, FWJ, WFJ, FJW et FJJ.

Quant à la valeur de a^* (Greenness), la plus faible revient à FWW (3.4), par contre, la grande est celle de FJJ (12.3).

Par ailleurs, le paramètre de couleur b^* (Yellowness) est pratiquement identique pour FWJ, FJW, WFJ et FJJ avec respectivement 24.5, 21.3, 24.2 ; 24.0. FWW par contre possède une valeur de b^* la plus faible (23.2). Cette différence dans les paramètres de couleur (L^* , a^* , b^*) des quatre biscuits est due à la différence de couleur des poudres de jujubes à 180°C.

La couleur des biscuits témoins FWW (100% farine de blé) reflète bien la couleur de la farine de blé car il est fabriqué uniquement avec de la farine de blé.

Srivastava et al., (2010) , Kaldy , 1991 où le premier incorpore de la farine de maïs et de pomme de terre, puis de la farine de coco dans des biscuits, ils ont constaté que l'indice de la couleur L^* diminue et les indices a^* et b^* augmentent avec l'addition de la farine composite.

Chevallier et al., (2000) ; Cronin et al., 2000 ; Gallagher et al., 2005 ont suggéré qu'il existe une corrélation négative entre la teneur en protéines et la légèreté (la valeur L) du biscuit, ce qui indique que la réaction de Maillard a joué un rôle majeur dans la diminution des valeurs L avec l'ajout de la poudre de jujube signifie que la luminosité diminue, tandis que l'augmentation des indices a^* et b^* indiquent une augmentation de la rougeur et du jaunissement des biscuits.

Le développement de la couleur est contribué par la réaction de maillard, c'est-à-dire la réaction entre les sucres et les protéines du produit, qui se traduit par une couleur brune (**Singh et al., 1993**). Ce développement dépend également du temps et de la température de cuisson, de l'humidité dans le four, etc. (**Lingnert et al., 1990 ; Wade et al., 1988**).

3. Fabrication des yaourts

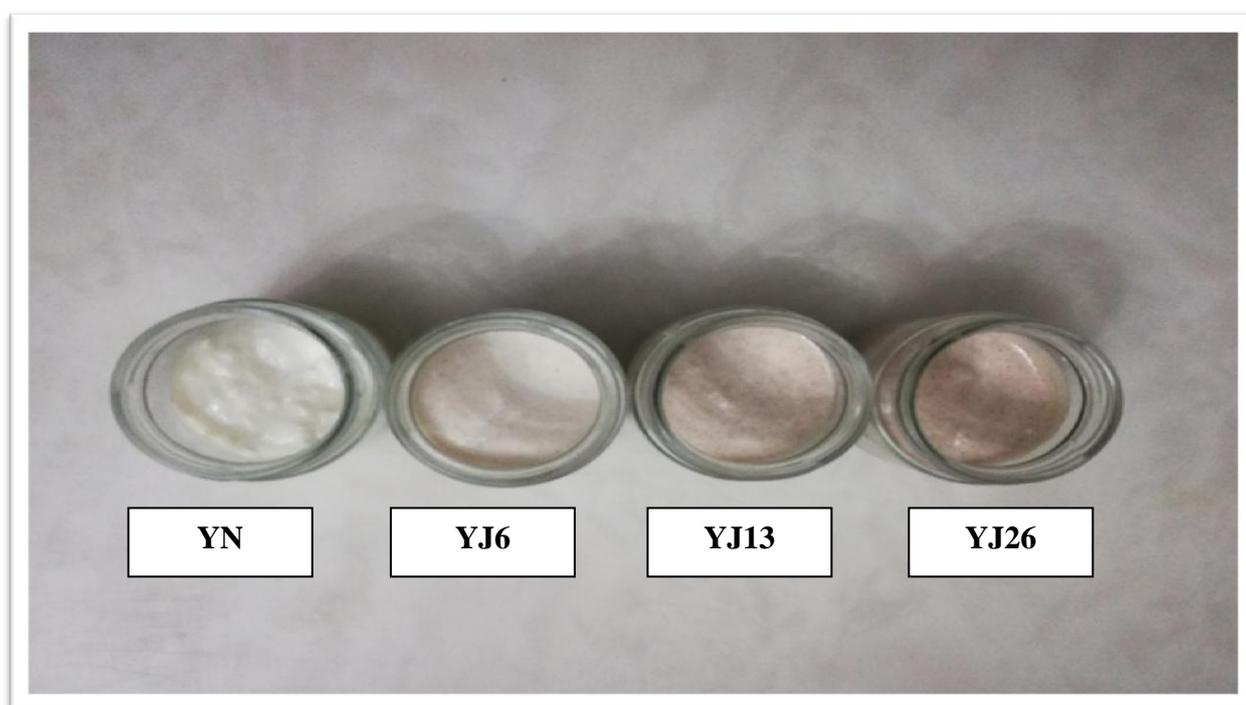


Figure 22 ■ Présentation des yaourts élaborés.

YN : yaourt nature (témoins)(0% de sucre).

YJ6 : yaourt additionné de poudre de jujube (6%).

YJ13 : yaourt additionné de poudre de jujube (13%).

YJ26 : yaourt additionné de poudre de jujube (26%).

3.1. Caractérisation physico-chimiques

Les cendres, l'acidité titrable, le taux de matières grasses, des sucres et le taux de protéine sont exprimées par rapport à la matière fraîche sont mentionnés dans le tableau 24.

Tableau 24 ■ Caractéristiques physico-chimiques des yaourts fabriqués (g/100g).

yaourt	Cendres	Acidité titrable	Taux de matière sèche	Taux de sucres	Taux de protéine	Taux de matière grasse
YN	0.57±0.002 ^b	0.61±0.10 ^a	80.12±0.25 ^a	4.9±0.01 ^c	4.74±0.10 ^a	2.12±0.01 ^a
YJ6	0.83±0.08 ^{ab}	0.62±0.02 ^a	81.21±0.20 ^a	09.33±0.12 ^b	3.36±0.32 ^b	3.11±0.20 ^a
YJ13	0.91±0.04 ^{ab}	0.65±0.01 ^a	81.32±0.44 ^a	11.02±0.56 ^b	3.41±0.12 ^{ab}	3.34±0.01 ^a
YJ26	1.01±0.005 ^a	0.66±0.12 ^a	81.46±0.31 ^a	14.37±0.23 ^a	3.56±0.21 ^{ab}	3.41±0.8 ^a

a, b, c, : Dans chaque colonne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de P<5.

D'après les résultats présentés dans le tableau 23, les yaourts enrichis des poudres de jujube sont les plus riches en cendres. Le yaourt YJ26 est le plus riche en cendres, suivi par le yaourt YJ13 et puis le yaourt YJ6. Leurs teneurs respectivement sont 1.01, 0.91 et 0.83%, par contre, elle est de 0.57% pour le yaourt nature YN légèrement faible par rapport aux autres yaourts. Nos valeurs se rapprochent de celles trouvées par **Ndife et al., (2014)**, ces dernières sont comprises entre 0.80-1.01% pour des yaourts enrichis par la poudre de noix de coco. Concernant le yaourt nature, le résultat obtenu (0.57%) est faible par rapport aux données de la littérature : 0.68% (**Matter et al., 2016**) ; 0.92% (**Ghalem et Zouaoui, 2013**). Par contre, **Ndife et al., (2014)**, ont rapporté une valeur identique à notre (0.53%) pour un yaourt nature.

-L'acidité titrable est identique pour les trois yaourts (YJ6, YJ13, YJ26), elle est légèrement supérieure dans le cas du yaourt nature (YN). Ces résultats sont comparables à ceux cités par **Ndife et al., (2014)** qui ont cité des valeurs comprises entre 0.52 et 0.64% pour des yaourts enrichis en noix de coco et 0.67 pour le yaourt nature. Cependant, **Matter et al., (2016)**, ont trouvé des valeurs comprises entre 0.88 et 0.94% pour des yaourts enrichis par le figuier de barbarie.

Cela pourrait être dû à une plus grande disponibilité de lactose pour les bactéries en fermentation. **Estevez et al., (2010)** ont également signalé qu'une teneur plus élevée en sucres totaux entraînait une production d'acide dans les yaourts au soja.

Cependant, ces valeurs se situent dans la moyenne de 0,6% d'acidité recommandée pour les yaourts nature (**Eke et al, 2013**)

Il ressort également du tableau cité ci-dessous, que le taux de matière grasse est compris entre 2.12 et 3.41%, ce taux est identique pour les trois yaourts enrichis (YJ6, YJ13, YJ26). Ces données sont comparables à celles trouvées par **Ndife et al., (2016)**, ils ont signalé des valeurs comprises entre 2.17 et 3.13%. **Matter et al**

., (2016), à leur tour ont annoncé des valeurs inférieures aux nôtres (2.68 et 2.88) pour le figuier de barbarie et (2.50 et 2.70%) pour le fruit de passion. Cette différence est due à la composition du lait et du fruit en matière grasse.

-Les teneurs en matière grasse des yaourts enrichis sont proches à la norme pour les yaourts allégés en graisse (<3,5%) (Saint-Eve, 2004).

Selon, Bille et Keya, (2002); Marinescu et Pop, (2009), la teneur en matière grasse a une influence positive sur les caractéristiques organoleptiques et impact négatif sur la stabilité du stockage des yaourts (Saint-Eve, 2008; Farinde et al., 2009).

Pour ce qui est du taux de protéine, il est identique pour les trois yaourts enrichis (YJ6(3.36%), YJ13(3.41%), YJ26(3.56)) comparativement au yaourt nature (4.74%). Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par Matter et al., (2016), ils ont annoncé des valeurs comprises entre 3.60 et 3.72% pour le fruit de passion et entre 3.68 et 3.80 pour le figuier de barbarie.

-La teneur en glucides des échantillons de yaourt a augmenté avec la supplémentation en noix de coco de 14,62% dans le yaourt nature à 8,71% dans les yaourts enrichis.

-Les teneurs en minéraux des quatre yaourts élaborés sont illustrés dans le tableau 25.

Tableau 25 ■ Teneurs en minéraux des yaourts fabriqués (mg/kg).

Yaourt	Ca ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Fe ⁺²	Mg ⁺²	Zn ⁺²
YN	1898.32±24.3 ^a	674.77±22.14 ^a	450±10.2 ^b	5.26±1.26 ^a	132.69±11.45 ^b	0.91±0.001 ^{ab}
YJ6	1991.41±41.2 ^a	710.63±23.47 ^a	611.36±18.7 ^a	7.11±1.77 ^a	210.69±10.70 ^{ab}	2.21±0.36 ^b
YJ13	2011.74±42.8 ^a	751.29±19.3 ^a	657.32±15.2 ^a	7.21±1.03 ^a	255.36±22.1 ^a	2.79±0.12 ^a
YJ26	2024.22±52 ^a	774.44±31.2 ^a	691.66±23.3 ^a	7.36±1.11 ^a	287.39±19.42 ^a	2.93±0.26 ^b

a, b, c: Dans chaque colonne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de P<5%.

L'analyse des résultats donnés dans le tableau 24 fait ressortir les points suivants :

-Les trois yaourts additionnés de poudres de jujubes sont plus riches en minéraux que le yaourt nature, ceci est dû à la richesse du fruit en minéraux. Il y a une corrélation entre la teneur en minéraux et l'addition de la poudre de jujubes.

-La teneur en calcium de YJ26 semble très élevée que celle des autres yaourts (YN, YJ6, YJ13), puisqu'elle est égale à 2024.22 mg/kg contre 1898.32, 1991.41, 2011.74 mg/kg pour YN, YJ6, YJ13 respectivement. La teneur de calcium augmente avec l'addition de la poudre de jujube et cela s'explique par la richesse de jujube en calcium.

-La teneur en calcium dans le yaourt nature est variable 1550 mg/kg (Favier, 1991), 2000 mg/kg (Butriss, 1997). Sanchez-segara et al., (2000) ont signalé des valeurs de 990

mg/kg pour un yaourt aux fraises, 1009 mg/kg pour un yaourt aux fruits de bois, 1056 mg/kg pour un yaourt aux ananas. Ces données sont inférieures à celles trouvées dans cette présente étude.

-La teneur en sodium de yaourt YJ26 est élevée que celle des autres yaourts (YN, YJ6, YJ13), puisqu'elle est égale à 774.44 mg/kg contre 674.77, 710.63, 751.29 mg/kg pour YN, YJ6, YJ13 respectivement. La teneur en sodium dans le yaourt nature est variable : 374 mg/kg (**Garcia-Martinez et al., 1998**), 480 mg/kg (**Souci et al., 1993**). **Sanchez-segarra et al., (2000)** ont trouvé des concentrations en sodium de 385 mg/kg pour un yaourt aux fraises, 356 mg/kg pour un yaourt aux fruits de bois et 375 mg/kg pour un yaourt aux ananas. La teneur en sodium de nos yaourts est supérieure à celles citées par **Garcia-Martinez et al., (1998)**.

-La teneur en potassium de yaourt YJ26 est élevée que celles des autres yaourts (YN, YJ6, YJ13) avec une valeur de 691.66 mg/kg. La teneur en sodium dans le yaourt nature est variable : 1297 mg/kg (**Garcia-Martinez et al., 1998**), 1843 mg/kg (**Moreno-Roujas et al., 1993**). **Sanchez-segarra et al., (2000)** ont trouvé des concentrations en potassium de 1191 mg/kg pour un yaourt aux fraises, 1209 mg/kg pour un yaourt aux fruits de bois et 1285 mg/kg pour un yaourt aux ananas. La teneur en sodium de nos yaourts est inférieure à celles citées par **Garcia-Martinez et al., (1998)**.

-La teneur en magnésium est plus élevée dans le cas de yaourt YJ26 (287.39 mg/kg). Pour le yaourt nature, **Moreno-Rojas et al., (1993)** signalent des valeurs comprises entre 80 et 131 mg/kg. **Sanchez-segarra et al., (2000)** ont trouvé des concentrations en magnésium de 94 mg/kg pour un yaourt aux fraises, 101 mg/kg pour un yaourt aux fruits de bois et 97 mg/kg pour un yaourt aux ananas. La teneur en magnésium de nos yaourts est supérieure à celles citées par la littérature.

-La teneur en fer des trois yaourts (YJ6, YJ13, YJ26) est presque identique et plus élevée que celle de YN : 5.26, 7.11, 7.21, 7.36 mg/kg pour YN, Y6, Y13 et Y26 respectivement. Ces valeurs sont supérieures à celle signalées dans la littérature. 0.5 mg/kg (**Garcia-Martinez et al., 1998**) pour le yaourt nature, 0.4 mg/kg (**Pennington et young, 1990**).

Les résultats obtenus par **Sanchez-segarra et al., (2000)** ont trouvé des concentrations en Fer de 1.18 mg/kg pour un yaourt aux fraises, 3.46 mg/kg pour un yaourt aux fruits de bois et 0.78 mg/kg pour un yaourt aux ananas. L'addition des fruits en morceaux provoque une augmentation dans la concentration de l'ensemble de minéraux (**Souci et al., 1993**).

-Quant à la teneur en Zinc, YJ26 est plus riche que les autres yaourts. Avec une teneur de 2.93 mg/kg .alors qu'elle est de 0.91(YN), 2.21(Y6), 2.79(Y13).Ces résultats concordent avec les données bibliographiques. **Sanchez-segarra et al., (2000)** ont trouvé des concentrations en Zinc de 3.2mg/kg pour un yaourt aux fraises ,3.2 mg/kg pour un yaourt aux fruits de bois et 3.4mg/kg pour un yaourt aux ananas. Concernant le yaourt nature, le résultat obtenu est faible par rapport aux données de la littérature : 3.85-5.24 mg/kg (**Comas Font et al., 1980**).

-Dans l'ensemble de ces résultats, on peut dire que l'addition de la poudre de jujubes dans le yaourt en tant que substitut de sucre cristallisé nous a permis d'obtenir des yaourts enrichis en sucres, en protéines, en matière grasses et en minéraux (surtout le fer, le calcium).

3.2. Analyse sensorielle

3.2.1. Test de classement

Les quatre types d'échantillons ont été présentés en même temps à un panel de 20 dégustateurs. Le bulletin servant au classement par rang de l'acceptabilité est celui de l'annexe. On a demandé aux dégustateurs de classer les échantillons en termes d'acceptabilité, en donnant à chaque échantillon une cote différente même s'il semblait comparable. L'échantillon auquel on accordait l'aspect le plus acceptable se voyait donner la cote1, le suivant la cote 2 et celui qui paraissait le moins acceptable la cote 5.

Les cotes de classement données à chaque échantillon par les 20 dégustateurs ont été regroupées dans le tableau 26.

Tableau 26 ■ Données du test de classement par rang d'acceptation des yaourts élaborés et enrichis.

Dégustateur	Yaourt			
	YN	YJ6	YJ13	YJ26
1	2	1	3	4
2	1	2	3	4
3	1	2	3	4
4	2	1	4	3
5	1	2	3	4
6	3	2	1	4
7	1	2	3	4
8	1	2	3	4
9	2	1	3	4
10	2	3	1	4
11	2	3	4	1
12	1	4	2	3
13	1	2	3	4
14	3	2	1	4
15	4	1	3	2
16	1	3	4	2
17	4	2	3	1
18	1	2	3	4
19	2	3	4	1
20	2	4	1	3
Total des codes	37	46	55	64

Note : la cote la plus élevée 1 : le yaourt le plus acceptable, 4 : yaourt le moins acceptable.

Les différences entre les paires de totaux étaient les suivantes :

YJ26-YJ13 09

YJ26-YJ6 18

YJ26-YN 27 ≥ 21 Différence significative .

YJ13-YJ6 09

YJ13-YN 18

YJ6-YN 09

Note : la cote la plus élevée 1 : le yaourt le plus acceptable, 4 : yaourt le moins acceptable.

Les différences entre les paires de totaux étaient les suivantes :

YJ26-YJ13 09

YJ26-YJ6 18

YJ26-YN 27 ≥ 21 Différence significative .

YJ13-YJ6 09

YJ13-YN 18

YJ6-YN 09

La valeur critique calculée pour $p=0.05$ (avec le test de Friedman), pour 20 dégustateurs et quatre échantillons est **21 d'après le tableau 1 (annexe 2)**. **l'aspect agréable de yaourt** est le meilleur suivi par celui de yaourt YJ6, puis le YJ13et YJ26.

Notre panel de dégustation a classé le yaourt nature YN en premier lieu comme le plus acceptable (aspect), suivi de YJ6, puis yaourt YJ13 et YJ26.

3.2.2. Test hédonique

Le tableau 27 présente les résultats du test hédonique des yaourts élaborés et enrichis.

Tableau 27 ■ Résultats du test hédonique des yaourts fabriqués et enrichis.

	Yaourts			
	YN	YJ6	YJ13	YJ26
Couleur	1.36±0.02 ^b	3.85±0.02 ^c	6.46± 0.21 ^a	7.05±0.45 ^a
Arôme	1.12±0.07 ^b	4.29±0.12 ^{ab}	6.34±1.91 ^{ab}	7.51±0.19 ^a
Goût acide	2.65±0.12 ^c	3.41±0.23 ^{bc}	5.23±0.65 ^{ab}	5.49±0.24 ^a
Goût sucré	2.52±0.21 ^c	4.33±0.41 ^b	6.67±0.22 ^a	6.86±0.36 ^a
Goût amer	0.76±0.001 ^a	0.89±0.001 ^a	2.91±0.14 ^a	2.97±0.84 ^a
Fluide	1.02±0.04 ^c	1.05±0.003 ^b	1.71±0.74 ^a	1.56±0.01 ^a
Collante	1.54±0.02 ^{ab}	1.45±0.002 ^b	2.16±0.32 ^{ab}	2.56±0.12 ^a
Homogène	1.20±0.02 ^b	1.65±0.001 ^b	3.41±0.33 ^{ab}	4.93±0.98 ^a
Odeur désagréable	0.89±0.003 ^b	0.91±0.002 ^b	2.03±0.01 ^a	2.02±0.17 ^a
Goût Grasieux	2.08±0.03 ^a	2.17±0.01 ^a	2.69±0.21 ^a	2.71±0.35 ^a
Liquide à la surface	0.28±0.001 ^c	0.42±0.001 ^a	0.35±0.002 ^b	0.14±0.003 ^d
Acceptabilité générale	4.87±0.06 ^a	4.82±0.7 ^a	3.30±0.11 ^a	2.18±0.11 ^a

a, b, c, d: Dans chaque colonne, les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de $P<5\%$. 1 : Les notes sont attribuées sur une échelle de 1-9.

A travers les notes attribuées aux différents descripteurs, nous avons pu tracer le profil sensoriel de nos produits (**figure 23**) et nous avons constaté que les membres du panel de dégustation décrivent le yaourt (YJ6, enrichis de la poudre de jujube) comme un yaourt ayant une couleur et un arôme peu prononcés, une apparence collante avec un goût sucré légèrement acide, un léger goût amer à une texture homogène non fluide sans liquide à la surface et sans odeur désagréable. Il n'y a pas de différence significative entre le yaourt enrichis (YJ6) et le yaourt nature (témoins), mais ils présentent des couleurs, des arômes, l'acidité et le sucre nettement différentes. et cela due à l'enrichissement des yaourts (YJ6) par la poudres de jujube, sucrée et colorée. Notre panel de dégustation a classé le yaourt nature (témoins) en premier lieu comme étant le yaourt le plus accepté, suivi de

yaourt enrichis (YJ6), puis YJ13 suivi de yaourt (YJ26) qui présentent une couleur et une odeur très prononcée, une moyenne acceptabilité générale et une texture hétérogène, un gout sucré trop accentué et cela s'explique par la concentration de la poudre de jujube ajoutée et une bonne acceptabilité générale.

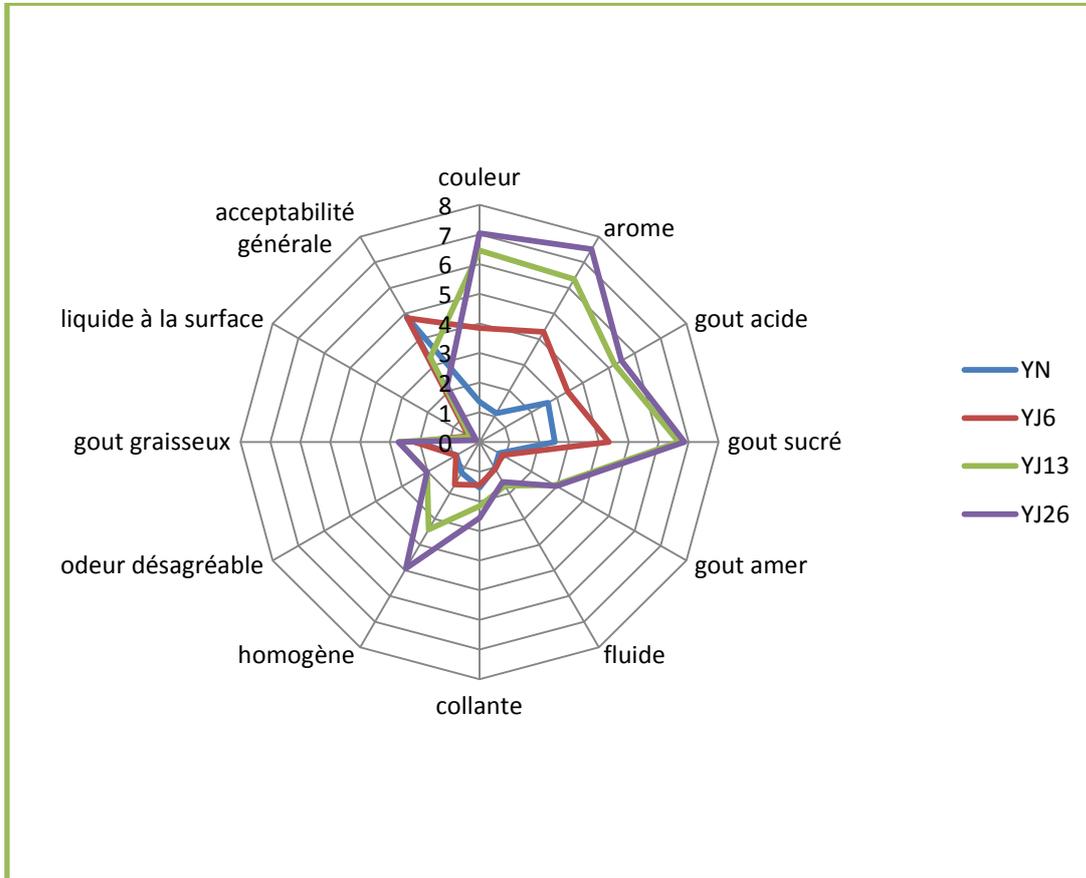


Figure 23 ■ Profil sensoriel des yaourts fabriqués et enrichis.

3.3. Couleur

La variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) est présentée dans le tableau 28 .

Tableau 28 ■ Variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) de yaourts élaborés.

Yaourt	Indices de couleur		
	L^*	a^*	b^*
YN	89.9±2.7	1.6±0.23	8.9±1.36
YJ6	41.1±1.41	6.8±2.13	21.45±0.20
YJ13	35.5±3.20	7.4±0.77	25.47±3.12
YJ26	29.5±0.56	8.12±1.63	27.12±1.22

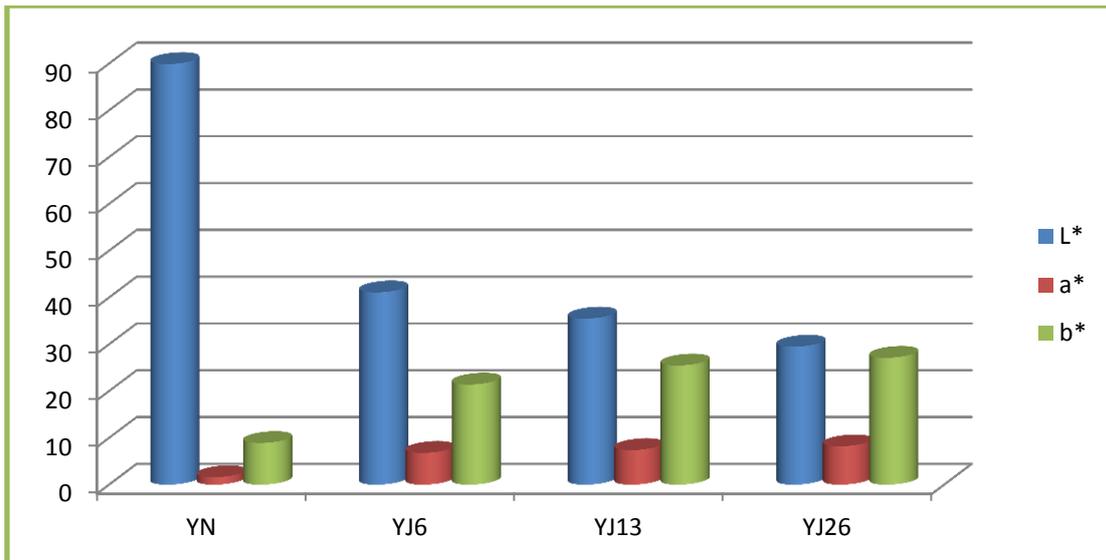


Figure 24 ■ Variation des indices de couleur (L^* , a^* , b^*) entre YN, YJ6, YJ13 et YJ26.

La couleur des yaourts est un facteur important pour l'acceptabilité initiale des produits alimentaires par les consommateurs.

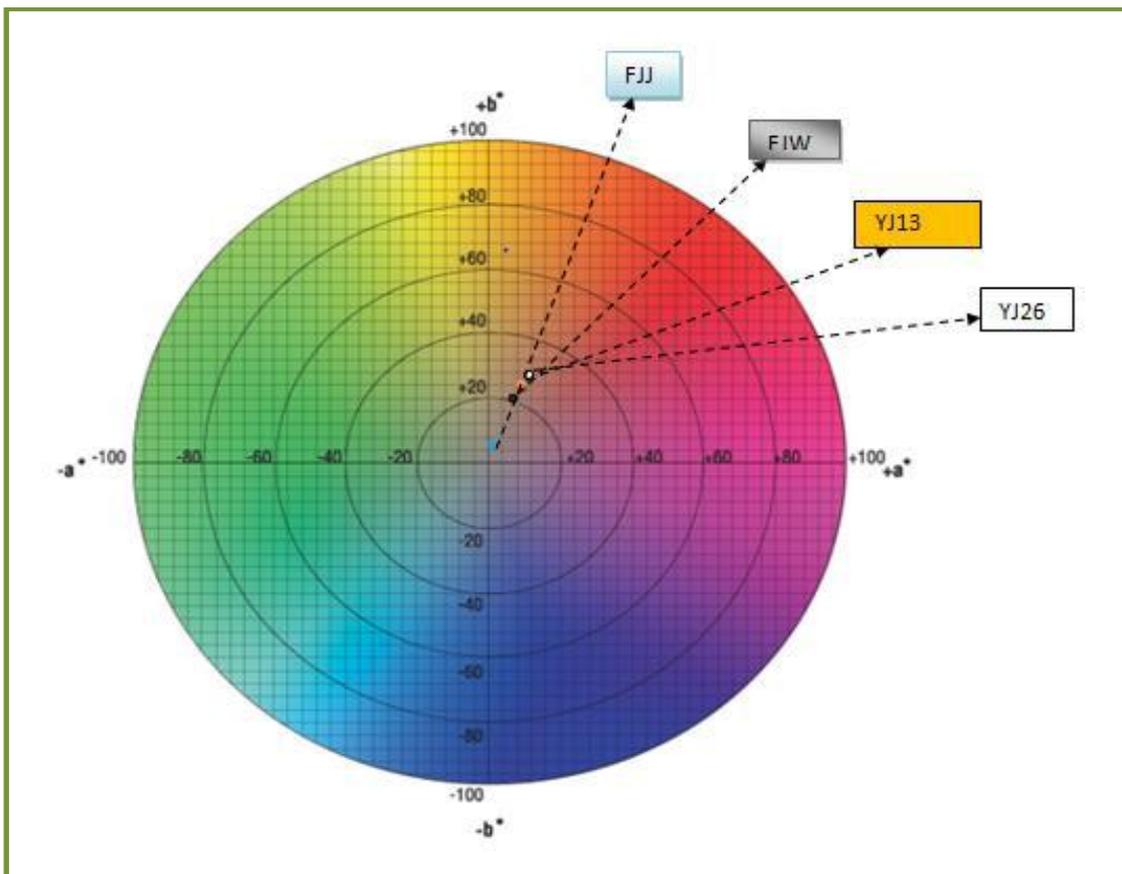


Figure 25 ■ Distribution des yaourts élaborés sur le cercle chromatique

La valeur de L « Lightness » est plus élevée pour YN, elle est égale à 29.5, 35.5 ; 41.1 et 89.9 respectivement pour YJ26, YJ13, YJ6 et YN.

Quant à la valeur de a^* (Greenness), la plus faible revient à YN (1.6%). la grande par contre est celle de YJ26 (8.12%).

Par ailleurs, le paramètre de couleur b^* (Yelowness) est pratiquement identique pour YJ6, YJ13, YJ26 avec respectivement 21.45, 25.47, 27.12. YN par contre possède une valeur de b^* la plus faible (8.9). Cette différence dans les paramètres de couleur (L^* , a^* , b^*) des quatre yaourts est due à la différence de la concentration et la couleur des poudres de jujubes. La couleur de yaourt nature témoins YN reflète bien la couleur du lait car il est fabriqué uniquement avec du lait et des ferments.

3.5. Analyse microbiologique

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats de l'analyse microbiologique effectuée sur les quatre yaourts ainsi préparés.

Tableau 29 ■ Résultats des analyses microbiologiques.

Germes recherchés	Yaourt				Normes
	YN	YJ6	YJ13	YJ26	
Coliforme totaux	0	0	0	0	absence
Coliforme fécaux	0	0	0	0	absence
Flore lactique	$1.99.10^7$	$1.33.10^7$	$1.79.10^7$	$2.41.10^7$	$\geq 10^7$

Les résultats des analyses microbiologiques des yaourts (YN, YJ6, YJ13 et YJ26) montrent clairement leur parfaite conformité aux normes.

Les résultats concernant la flore lactique (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) sont aussi conformes aux normes.

CONCLUSIÓN

CONCLUSION

La connaissance et l'usage des fruits constituent un vrai patrimoine de l'être humain et leur importance dans le domaine alimentaire. Ce travail vise, d'une part à la caractérisation du patrimoine algérien et d'autre à l'élaboration de deux produits, céréalier et laitier de forte valeur ajoutée.

Le fruit de *Zizyphus lotus* L. se distingue par une composition biochimique spécifique caractérisée par :

- Une humidité relativement faible (12.39 %), qui lui permet une conservation de longue durée jusqu'à une année voir plusieurs années.
- des teneurs importantes en glucides solubles (25,29%) qui leur confèrent un apport calorique appréciable. Ils sont aussi responsables de la douceur de l'aliment.
- La teneur intéressante des fruits en pectine (2.31%), conjuguée aux teneurs importantes en cellulose (5.41%), leur confère des vertus thérapeutiques et hypocholestérolémiantes.
- Un taux de protéine (1.43%), ce taux bien que faible, n'est pas négligeable comme complément ou supplément protéique.
- Comme la plupart des fruits, la fraction lipidique est modérée (0.84%).
- Une fraction minérale importante, elle est composée de calcium (650.6mg/100g), de phosphore (12.71 mg/100g), de sodium (13.28 mg/100g), de Zinc (1.93 mg/100g), de potassium (607.4 mg/100g), de magnésium (288 mg/100g) et notamment le fer (2.50 mg/100g) et la manganèse (1.24 mg/100g).
- Une teneur intéressante en polyphénols (4.98 mg EAG/100g) conjuguée à une teneur en flavonoïdes (0.83mg EQ/100g) leur confèrent une activité antioxydante qui est de (79.40%) et une bonne saveur.

Nous avons ainsi montré que le fruit de *Zizyphus lotus* constitue un réservoir de substances diversifiées qui pourront jouer un rôle potentiel pour une valorisation alimentaire.

La qualité organoleptique de nos biscuits a été évaluée par une analyse sensorielle, comparée à celle du biscuit témoin. En effet, c'est le biscuit FWJ qui a été le mieux apprécié au niveau de l'odeur et du goût et est jugé le plus friable par rapport aux autres biscuits, mais de couleur sombre à celle du biscuit témoin.

Par ailleurs, c'est le yaourt YJ6 qui a été le mieux apprécié ayant une couleur et un arôme peu prononcés, une apparence collante avec un goût sucré légèrement acide, un léger goût amer à une texture homogène, non fluide, sans liquide à la surface et sans odeur désagréable.

Le test de dégustation permet de faire ressortir le classement de préférence suivant : pour les biscuits, en premier lieu FWW, suivi de FWJ puis WFJ, FJW et le dernier FJJ.

Pour les yaourts, YN en premier lieu, suivi de YJ6, YJ13 et le dernier YJ26.

Les résultats des analyses microbiologiques de quatre yaourts montrent clairement leur conformité aux normes. ce qui offre aux yaourts élaborés une meilleure stabilité et une bonne qualité hygiénique. la culture de la flore lactique est très satisfaisante dans le cas des yaourts à base de la poudre de jujube par rapport à celle du yaourt nature.

Le présent travail a montré que la valorisation des jujubes en vue de leur éventuelle transformation en poudre et leur incorporation dans des produits alimentaires (biscuit et yaourt) est possible.

Cette étude montre bien la faisabilité technologique de la formule de biscuits et le yaourt. Comme perspectives, il serait judicieux d'effectuer d'autres études ; telles que :

- élaborés des biscuits sans gluten ;
- possibilité de combinaison des différentes poudres ;
- les autres utilisations possibles des poudres (boulangerie, cookies.....) ;
- effectuer le test de stabilité ;
- réaliser une étude économique ;
- faire ressortir le profil en substances aromatiques de jujubes ;
- un travail complémentaire sera également nécessaire pour mieux caractériser la composition aromatique du produit.

Références bibliographiques

A

- Aardes, S., 1970. Tables de composition des aliments Algériens.
- Abalaka E., Daniyan SY., Mann A., 2010. Evaluation of the antimicrobial activities of two *Ziziphus* species (*Ziziphus mauritiana* L. and *Ziziphus spinachristi* L.) on some microbial pathogens. *Afr J Pharm Pharmacol*, 4: 135-139.
- Abdeddaim M., 2016. Etude de la composition biochimique des fruits de cinq espèces végétales présentes dans la région des Aurès en vue de leur utilisation alimentaire ou pharmacologique. Thèse de Doctorat en sciences .Université de sétif-1-.131p.
- Abdeddaim M., Lombarkia O., Bacha A et al., 2014. Biochemical characterization and nutritional properties of *Zizyphus lotus* L. fruits in aures region, northeastern of Algeria. *Food Science and Technology*, 15:75–81.
- Abdelly C., 2008. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their
- Abdel-Zaher A.O., Salim S.Y., Assaf M.H. et Abdel-Hady R.H., 2005. Antidiabetic activity and toxicity of *Zizyphus spina-christi* leaves. *J. Ethnopharmacol*, 101: 129-138.
- Abdoul-Azize S., Bendahmane M., Hichami A., Dramane G., Marie Simonin A., Benammar C., Sadou H., Akpona S., El Boustani E., Khan N., 2013. Effects of *Zizyphus lotus* L. (Desf.) polyphenols on Jurkat cell signaling and proliferation. *International Immunopharmacology*, 15: 364–371.
- Abu-Zarga M., Sabri S., Al-Boudi A., Ajaz S., Sultana N. et Rahman A-U., 1995. New cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus lotus*. *Journal of Natural Products*, 58: 504-511.
- Adeli M., Samavati V., 2015. Studies on the steady shear flow behavior and chemical properties of water-soluble polysaccharide from *Zizyphus lotus* fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72 : 580-587.
- Adepeju A-B., Abiodun O-A, Otutu O-L., Pele I.G., 2015. Development and quality evaluation of wheat/breadfruit cookies. *International Journal of Technical Research and Applications*, 3: 7-11.
- Adrian J., Potus J., Poiffet A., Dauviller P., 1998. L'introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires .Lavoisier Tec et Doc (Ed). Paris, 254p.
- Adzu B., Amos S., Amizan MB., Gamaniel K., 2003. Evaluation of the antidiarrheal effects of *Zizyphus spina-christi* stem bark in rats. *Acta Tropica*, 7: 245-250.

- Ahmad S-D., Sabir S-M., Zubair M., 2006.** Ecotypes diversity in autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb): A single plant with multiple micronutrient genes. *Chemistry and Ecology*, **22**(6): 509–521.
- Ait Ameer L., 2006.** Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de Doctorat en chimie analytique. Université de Paris, 207p.
- Ajibola C., Oyerinde V., Adeniyani O., 2015.** Physicochemical and Antioxidant Properties of Wholen Wheat Biscuits Incorporated with *Moringa oleifera* Leaves and Cocoa Powder. *Journal of Scientific Research & Reports*, **7**(3): 195-206.
- Alberti K-G., Zimmet P-Z., 1998.** Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1 : diagnosis and classification of diabetes mellitus. Provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med*, **15** : 539-53
- Andriano D-C., 2001.** Manganese. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Ed. Springer Verlag.
- angustifolia L et Zizyphus lotus L.* Mémoire de Magister. Université Hadj-Lakhdar. Batna.
- Anthony C., 2005.** A review of *Zizyphus spina-christi*. Technical (Ed) .
- AOAC International, 1998.** Ash of fruits and fruits product, method 940.26. Official methods of analysis (16th edition). Gaithersburg.
- AOAC International, 1998.** Moisture in dried fruits ,method 934.06. Official methods of analysis (16th edition). Gaithersburg, MD.
- AOAC International, 1998.** Protein in fruits product ,method 920.152. Official methods of analysis (16th edition). Gaithersburg, MD.
- AOAC International, 1998.** Minéraux in infant formula, enteral product pet foods, method 985.35. Official methods of analysis (16th edition). Gaithersburg, MD.
- Ardent E.K., Renzetti S., Fabio B., 2009.** Dough Microstructure and Textural Aspects of Gluten-Free Yeast Bread and Biscuits. In Gluten-Free . *Food Science and Technology*, p 107 – 125.
- Ardent S.K., Clifford S.C., Popp, M., 2001.** *Zizyphus*- a multipurpose fruit tree for arid regions. In: sustainable land-use in deserts. Breckle S.W., Veste M. and Wucherer W., Springer. Heidelberg, Stuttgart, New York, 388-399.
- Aschner JL., Aschner M., 2005.** Nutritional aspects of manganese homeostasis. *Mol Aspects Med* **26**: 353-62.

- Ashraf Z., Hamidi-Esfahani Z., 2011.** Date and date processing : Areview, Food Reviews International,27 :101-133.
- Assifaoui A., Champion D., Chiotelli E., Verel A., 2006.** Characterization of water mobility in biscuit dough using a low-field H NMR technique. *Carbohydrate Polymers*, 64: 197-204.
- Atmani D., Chaher N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud H., Debbache N., 2009.** Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chem*, 112: 303-309.
- Audigié C L., Figarella J., Zonszain F., 1978.** Manipulations d'analyses biochimiques. Doin (Ed). Paris, 274p.
- Audigie C.L., Figarelle J. et Zons Zani F. (1980).** Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin. Paris. 88-97.
- Ayaz F-A., Kadioglu J., Dogru A ., 1999.** Soluble sugar composition of *Elaeagnus angustifolia L. var.orientalis (L) Kuntza*(Russian-Olive)fruit . *Turk.J.Bot*, **23**: 453-458.
- Aymonin G.G., 1993.** Guide des arbres et des arbustes. Sélection du Reader's Digest (Ed). Paris, 351p.
- Ayo J.A., Ayo V., Nkama I., Adewori ., 2007.** Physiochemical, In-Vitro Digestibility and Organoleptic Evaluation of "Acha" Wheat Biscuit Supplemented with Soybean Flour. *Nigerian food journal*, 25.

B

- Baba Aissa F., 1999.** Encyclopédie des plantes utilisées. Flore d'Algérie et du Maghreb-Substance végétale, Librairie Moderne (Ed), Rouïba, 145p.
- Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du nord. la rose (Ed).Paris, 487p.
- Bahorun T., Gressier B ., Trotin F.,Brunete C ., Dine T ., Vasseur J ., Gazin JC ., Pinkas M.,Luycky M., 1996.** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts of phenolic extravts from haworthon fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung*, 46: 1086-1089.
- Bakhtaoui f, Lakmichi H, Megraud3 F ,Gadhi C, 2014.**Chait A . Gastro-protective, Anti-Helicobacter pylori and, Antioxidant Properties of Moroccan *Zizyphus lotus L.* *Journal of Applied Pharmaceutical Science* , 4 : 081-087.
- Bal J.S., 1981.** A note on sugars and amino acids in ripe ber. *Progressive Horticulture*, 13 :41-42.

- Bargamaier D., 2002.** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisés de lactobacillus rhamnosus RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum. thèses de doctorat , Université de Laval, canada.
- Bayer E., Butter K., 2000.** Guide de la flore méditerranéenne 280p.
- Bayer E., Butter K.P., Finkenzeller X., Grau J., 1987.** Guide de la flore méditerranéenne. Delachaux et Niestlé(Ed). Paris, 287p.
- Bellakhdar J., 1978.** Médecine traditionnelle et toxicologie ouest- saharienne. Contribution à l'étude de la pharmacopée marocaine. Édition Technique Nord-Africaine, Rabat
- Belouad A., 1998.** Etymologie des noms de plantes du Bassin Méditerranéen. OPU (Ed). Alger, 91p.
- Benammar C., Hichami A., Yessoufou A., Simonin A-M, Belarbi M., Allali H., Khan N-A., 2010.** *Zizyphus lotus* L. (Desf.) modulates antioxidant activity and human T-cell proliferation BMC Complementary and Alternative Medicine. 10:54.
- Benchelah A.C., Bouziane H., Maka M., 2004.** Fleurs du Sahara, arbres et arbustes, voyage au cœur de leurs usages avec les Touaregs du Tassili . *Phytothérapie*, 6: 191-197.
- Berthet B., Amiard C., Metayer C., Amiar J_C., 1983.** Etude des voies du plomb l'environnement aux végétaux cultivés ;application à l'utilisation agricole de boues de station d'épuration. Springer Nante,448-452.
- Blancke R., 2001.** Guide des fruits et légumes tropicaux. ULMERJ(Ed). Paris, 286p.
- Block G., Langsteh L., 1994.** Antioxydants vitamins and disease prevention .*Food Technol*, 80-84.
- Block G., 1992.** Arole for antioxydants in reducing cancer risk.*Nut.Rev*,50 :207-213.
- Boizot N., Charpentier J-P., 2006.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. *Le cahier des Techniques de l'Inra*. pp79-82.
- Borgi W, Ghedira K, Chouchane N.,2007.** Anti-inflammatory and analgesic activities of *Zizyphus lotus* root barks. *Fitoterapia*, 78: 16–19.
- Borgi W, Chouchane N., 2009.** Anti-pasmodic effects of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. Extracts on isolated rat duodenum. *J. Ethnopharmacol*, 126: 571–73.
- Borgi W., Recio M-C., Rios J.L., Chouchane N. 2008.** Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid an saponin fraction s from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. *South African Journal of Botany*, 74: 320-324.
- Borgi W., Chouchane N., 2009.** Anti-spasmodic effets of *Zizyphus lotus* (L.)
- Boudier, J. F. 1990.** Produits frais. In Laits et produits laitiers. Vache- brebis-chèvre.

Luquet, F. M. (Ed), Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 35-66.

-Boudraa S., Hambaba L., Zidani S., Boudraa H., 2010. Mineral and vitamin composition of fruits of five underexploited species in Algeria: *Celtisaustralis* L., *Crataegus azarolus* L

-Boukef K., 1968. Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne. médecine traditionnelle et pharmacopie. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris.61p.

-Boukef K., 1986. Les plantes dans la médecine traditionnelle de Tunisie. Agence de coopération culturelle et technique, Paris

-Boulanouara M., Abdelaziza G., Aazzab S., Gagob S., Miguel G., 2013. Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. *Industrial Crops and Products*, 46: 85–96.

-Boulckbache L., 2005. Profil GC-MS des polyphénols d'une plante médicinale :

-Bretaudeau J., 1974. Atlas d'arboriculture fruitière. J.B. Baillière (Ed). Paris, 226p.

-Bretaudeau J., Faure Y., 1992. Atlas d'arboriculture fruitière. Tec et Doc (Ed). Paris, 289p.

-Brosse J., 2000. Larousse des arbres et des arbustes. Larousse (Ed). Canada, 576p.

-Broutain C., 2001. Fabriqué des biscuits à base de farine composée. PME agroalimentaires, Biscuiteries. 20 p.

-Burrows I., 2005. La nature comestible. Delachaux et Nistele (Ed). Paris, 144p.

Eucalyptus globulus. Mémoire de magistère. Université de Bejaïa. 71p.

-Buttriss J., 1997. Nutritional properties of fermented milk products. *International of Dairy Technology*, 50 : 21-27.

C

-Capanoglu E., Nilufer D., Boyacioglu D., 2006. Phenolic content and antioxidant activity of

-Carrée P., 1953. Précis de technologie et de chimie industrielle. Ballière (Ed). Paris,

-Catoire C., Zwang H. et Bouet C., 1994. Les jujubiers ou le Ziziphus. Fruits oubliés,

-Catoire C., Zwang H. et Bouet C., 1999. Les jujubiers ou le Ziziphus. Fruits oubliés,

-Cerning J., Buillanne C., Landon M., 1990. Comparaison of exocellular polysaccharide production by thermophilic lactic acid bacteria. *Science des aliments*, 10 :443-451.

-Chaira N., Smaali M.I., Martinez-Tomé M., Mrabet A., Murcia M.A., Ferchichi .

-Chaira N., Smaali M-I., Martinez-Tomé M., Mrabet A., Murcia M-A., Ferchichi A., 2009. Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in

water –methanol extracts of tunisian common date cultivars.international journal of food sciences and nutrition,60 :316-329.

-Cheftel J C., Cheftel H., 1984. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol. 1. Lavoisier Tec et Doc. Paris.381 p.

-Chevallier S., Colonna P., Della Valle G., Lourdin D., 1999. Structural modifications of biscuit doughs during baking-Role of ingrédients. INRA. Paris. Les Colloques ,91: 191-197.

-Chevallier A., 2016. Les Jujubiers ou Ziziphus de l'Ancien monde et l'utilisation de leurs

-Chevallier, S., Colonna, P., & Della Valle, G., 2000. Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31 :241–252.

-Chouaibi M, Mahfoudhi N, Rezig L, et al., 2012. Nutritional composition of *Zizyphus lotus* L. seeds. *J Sci Food Agric* , 92: 1171–1177.

-Claudine R., 2007. Le nom de l'arbre : le grenadier, le caroubier, le jujubier, le pistachier et l'arbousier. Actes sud le Majan, 1^{er} edition France, p. 45-62.

-Clause S-A., 1992. Le guide. Clause jardin(ED).Paris, 854p.

-Clifford S-C., Arndt S-K., Corett J-E., Joshi S., Sankhala N., Popp M., 1998. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Zizyphus mauritiana* Lamk. *Journal of experimental Botany*, 49: 967-977.

-Colas A., 1998. Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In, Godon B., Willm C. Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier. Tec et Doc/Apria. Paris : 579-589. 679 p.

-Constenla D., Ponce A-G., Lozano J-E., 2002. Effect of pomace drying on apple pectin *Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie*, 35 : 216-221.

-Collin-Henrion M., 2008. De la pomme à la pomme transformée :impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel (caractérisation physique et sensorielle des produits transformés).Thèse de doctorat .spécialité :sciences agronomiques .Ecole doctorale d'angers,272p.

-Collipp PJ., Chen SY., Maitinsky S., 1983. Manganese in infant formulas and learning disability. *AnnNutr Metab* ,27: 488-94.

-Colonna M., Thibault M., 1986. Propriétés fonctionnelles des polysaccharides. APRIA(Ed).Paris, 542p.

-Corbin M., 1989. Flore forestière française.Tome1.Plaines et collines.Institut pour le développement forestier(Ed). Paris, pp: 423-427.

- Couplan F., 2000.** Dictionnaire Etymologique de Botanique. Delachaux et Nestlé
- Cronin K., Reis C., 2000.** A Statistical Analysis of Biscuit Physical Properties as Affected by Baking. *Journal of Food Engineering*, 46: 217-225.

D

- Boukef K., 1968.** Les plantes dans la médecine traditionnelle tunisienne. médecine traditionnelle et pharmacopie. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris.61p.
- Boukef K., 1986.** Les plantes dans la médecine traditionnelle de Tunisie. Agence de coopération culturelle et technique, Paris
- Boulanouara M., Abdelaziza G., Aazzab S., Gagob S., Miguel G., 2013.** Antioxidant activities of eight Algerian plant extracts and two essential oils. *Industrial Crops and Products*, 46: 85–96.
- Boulckbache L., 2005.** Profil GC-MS des polyphénols d'une plante médicinale : Eucalyptus globulus. Mémoire de magistère. Université de Bejaïa. 71p.
- Broutain C., 2001.** Fabriqué des biscuits à base de farine composée. PME agroalimentaires, Biscuiteries. 20 p.
- Burrows I., 2005.** La nature comestible. Delachaux et Nistele (Ed). Paris, 144p.

C

- Capanoglu E., Nilufer D., Boyacioglu D. (2006).** Phenolic content and antioxidant activity of Dry jujube fruit (*Zizyphus vulgaris*) consumed in Turkey. 2nd International Congress on Functional Foods and Nutraceuticals.
- Carrée P., 1953.** Précis de technologie et de chimie industrielle. Ballière (Ed). Paris, 475p.
- Catoire C., Zwang H. et Bouet C., 1994.** Les jujubiers ou le Zizyphus. Fruits oubliés.
- Catoire C., Zwang H. et Bouet C., 1999.** Les jujubiers ou le Zizyphus. Fruits oubliés.
- Cerning J., Buillanne C., Landon M., 1990.** Comparaison of exocellular polysaccharide production by thermophilic lactic acid bacteria. *Science des aliments*, 10 :443-451.
- Chaira N., Smaali M-I., Martinez-Tomé M., Mrabet A., Murcia M-A., Ferchichi A., 2009.** Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in water-methanol extracts of tunisian common date cultivars. *international journal of food sciences and nutrition*, 60 :316-329.
- Cheftel J C., Cheftel H., 1984.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol. 1, 4^{ème} édition. (Ed). Lavoisier Tec et Doc. Paris.367 p.

- Cheftel J C., Cheftel H., 1977.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol. 1. Lavoisier Tec et Doc. Paris.381 p.
- Chevallier S., Colonna P., Della Valle G., Lourdin D., 1999.** Structural modifications of biscuit doughs during baking-Role of ingrédients. INRA. Paris. Les Colloques ,91: 191-197.
- Chevallier A., 2016.** Les Jujubiers ou Ziziphus de l'Ancien monde et l'utilisation de leurs
- Chevallier, S., Colonna, P., & Della Valle, G., 2000.**Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31 :241–252.
- Chouaibi M, Mahfoudhi N, Rezig L, et al., 2012.** Nutritional composition of *Zizyphus lotus* L. seeds. *J Sci Food Agric* , 92: 1171–1177.
- Claudine R., 2007.** Le nom de l'arbre : le grenadier, le caroubier, le jujubier, le pistachier et l'arbousier. Actes sud le Majan, 1^{er} edition France, p. 45-62.
- Clause S-A., 1992.** Le guide . clause jardin(ED).Paris, 854p.
- Clifford S-C., Arndt S-K., Corett J-E., Joshi S., Sankhala N., Popp M., 1998.** The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Zizyphus mauritiana* Lamk. *Journal of experimental Botany*, 49: 967-977.
- Colas A., 1998.** Définition de la qualité des farines pour les différentes utilisations. In, Godon B., Willm C. Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier. Tec et Doc/Apria. Paris : 579-589. 679 p.
- Colonna M., Thibault M., 1986.** Propriétés fonctionnelles des polysaccharides. Apria.(Ed).Paris, 542p.
- Collin-Henrion M., 2008.** De la pomme à la pomme transformée :impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel (caractérisation physique et sensorielle des produits transformés).Thèse de doctorat .spécialité :sciences agronomiques .Ecole doctorale d'angers,272p.
- Collipp P-J., Chen S-Y., Maitinsky S., 1983.** Manganese in infant formulas and learning disability. *AnnNutr Metab* ,27: 488-94.
- Corbin M., 1989.** Flore forestière française.Tome1.Plaines et collines.Institut pour le développement forestier(Ed). Paris, pp: 423-427.
- Couplan F., 2000.** Dictionnaire Etymologique de Botanique. Delachaux et Nestlé
- Cronin K., Reis C., 2000.** A Statistical Analysis of Biscuit Physical Properties as Affected by Baking. *Journal of Food Engineering*, 46: 217-225.

D

- Djemai Zoughlache S., Yahia M. , Hambaba L. ,2009.** Abdeddaim M., Aberkan M C., Ayachi A. 'Etude de l'activité biologique d'extraits du fruit du *Zizyphus lo-tus L*'. *TJMPNP*, 2: 10-23.
- Denis A., 2011.** Les biscuits et gâteaux : toute une diversité. Cahiers de nutrition et de Desf. extract on isolated rat duodenum. *Journal of Ethnopharmacology* ,126:571.
- Diallo A., 2005.** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de diététique, 94p.
- Dillemann G., Paris R., 1960.** Recherche sur les zones arides : les plantes .
- Diskon H-R., 1995.** The wild flowers of Kuwait and Bahrain. London: George Allen.
- Dörner K., Dziadzka S., Höhn A., Sievers E., Oldigs HD., Schulz-Lell G., Schaub J., 1989.** Longitudinal manganese and copper balances in young infants and preterm infants fed on breast-milk and adapted cow's milk formulas. *Br J Nutr*, 61: 559-572.
- Drolet C., Zayed J., 1994.** Manganese intake of adult men consuming self-selected diets. *J Can Diet Assoc* , 55: 184-187.
- Dry jujube fruit (*Zizyphus vulgaris*) consumed in Turkey. 2nd International Congress on Functional
- Dubois M., Gilles K-A., Hamilton J.K., Roben F.A., Smith F. , 1956.** Colorimetric method foe determination of sugar and related substances.*Anal .chem*, 28 :350-356.

E

- El Hadrami A.,Al-Khayri., 2012.**Socioeconomie and traditional importance of date palm.Emir.J.Food Agric, 24 : 371-385.
- El-Waziry A-M., 2007.** Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using in vitro gas production technique. *Res. J. Agric. Biol. Sci*, 3: 605-614.
- Epfrain K-D., Osunkwo U-A., Onyeyilli P., Ngulde A., 1998.** Preliminary investigation of the possible antinociceptive activity of aqueous leaf extract of *Zizyphus spina-christi*.*Indian journal pharmacol*, 30: 271-272.
- Espírito-Santo A., Lagazzo P., Sousa M., 2013.** Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber.*Food Research International*, 50 : 224-231.
- Espiard E ., 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Tec et doc(Ed). 360p.
- Etournaud A., 1999.** Contrôle des denrées alimentaires .Laboratoire CANTONAL. Paris, pp :42-66.Foods and Nutraceuticals.

-Escribano-Baillon M-T., Celestino SB., 2003. Polyphénol extraction from foods. in :methodes in polyphénols analysis .Royal society of chemistry (Ed),Chapter1 :pp01-16.

F

-Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. et Abdelly C., 2008. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Compte Rendu de Biologie*. **331** : 372-379p.

-Favier A., 2003. Le stress oxydant .Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique* .108-115.

-Feillet P. , 2000. Le grains de blé, composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.

-Fellows P., 2000. Food Processing Technology Principles and Practice. 2nd Edition. Wood head Publishing, Cambridge England. 575 p.

-Ferhat R., 2008. Etude de la fraction lipidique et la composition en acides gras des fruits *Food Chem*, 51: 7292-7295p.

-Freeland-Graves JH., Bales CW., Behmardi., 1987. Manganese requirements of humans. Dans: Nutritional Bioavailability of Manganese, C. Kies, American Chemical Society, Washington DC, p. 90-104.

-Freeland-Graves JH., Bales CW., Behmardi., 1987. Manganese requirements of humans. Dans: Nutritional Bioavailability of Manganese, C. Kies, American Chemical Society, Washington DC, p. 90-104. from *Zizyphus oenoplia* var. *brunoniana*. *Tetrahedron*, 61 :1175-1180. fruits. *Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, 27 année, bulletin n°301-302, Novembre-décembre 1947. pp. 470-483;fruits.

-Fustier P., Castaigne F., Turgeon S.L. and Billiaderis C.G., 2007. Semi-sweet biscuit making potential of soft wheat flour paten middle-cut and clear mill streams made with native and reconstituted flours. *Journal of Cereal Science*. 46: 119-131.

G

-Gallagher E., Kenny S., Arendt E. K., 2005. Impact of Dairy Protein Powders on Biscuit Quality. *European Food Research and Technology*, 221: 237-243.

-Garcia Martinez, M., Sanchez Segarra, P. J., Gordillo Otero, M. J., Amaro Lopez, M. A., Moreno-Rojas, R. 1998. Valoracion nutricional de la composicion mineral de yogures enteros aromati-zados. *Alimentaria*, 297, 73-76

-Garnier G., Bézanger-Beauquesne L., Debraux G., 1961. Ressources médicinales de la flore française. Tome 1. Vigot Frères Éditeurs, Paris, 124-133.

- Ghazanfar S-A., 1994.** Handbook of Arabian medicinal plants. Boca Raton: CRC Press.
- Ghost A., Lysias D.C., 2007.** Jujube Fruit: a magic fruit berry for emotion controlling and more. Pure Herb and extract processing and formation.
- Ghalem M., 2014.** Effets antioxydants et anti-inflammatoires des extraits de *Zizyphus lotus* et *Anthyllis vulneraria*. Thèse de doctora en physiologie et biochimie de la nutrition. Université Aboubekkr belkaid-Tlemcen, 160p.
- **Ghalem B., Benattouche Z., 2013.** Microbiological, physico-chemical and sensory quality aspects of yoghurt enriched with *Rosmarinus officinalis* oil. *African Journal of Biotechnology*, 12(2) : 192-198.
- Ghedira K., 2013.** *Zizyphus lotus* (L.) Desf. (Rhamnaceae) : jujubier sauvage, Ethnobotanique–monographie, *Phytothérapie*, 11: 149-153.
- Ghedira K, Chemli R, Richard B, et al., 1993.** Two cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus lotus*. *Phytochemistry*, 32: 1591–4.
- Gast M., Chaker S., 2004.** Jujubier », in 26 | Judaïsme – Kabylie, Aix-en-Provence, Edisud (« Volumes », no 26), 2004, p. 3979-3982.
- Goetz P., 2009.** Mise en évidence d'un effet psychotrope de la teinture m`rede *Zizyphus jujuba* Mill. *Phytothérapie*, 7 :31-36.
- Goncharova N-P., Isamukhamed A-H., Glushenkova A-I., 1990.** Lipids of *Zizyphus jujube*. *Chemistry of Natural Compounds*, 26: 16-18.
- Gorai M., Maraghni M., Neffati M., 2010.** Relationship between phenological traits and water potential patterns of the wild jujube *Zizyphus lotus* (L.) Lam. In southern Tunisia. *Plant Ecology and Diversity*, 3: 273–280.
- Gupta M., Mazumder U.K., Vamsi M.L.M., Sivakumar T., Kandar C-C., 2004.** Anti-steroidogenic activity of the tow Indian medicinal plants in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 90 : 21-25.
- Ghalem B., Benattouche Z., 2013.** Microbiological, physico-chemical and sensory quality aspects of yoghurt enriched with *Rosmarinus officinalis* oil. *African Journal of Biotechnology*, 12: 192-198.
- Golden M., 1992.** Vitamines et minéraux. Aberdeen University. Scotland, pp 12-23.
growth of lambs fed high concentrate diets. *Animal feed science and technology*, 111 :
- Grah A., Beda M., Aubin D., 2014.** Manufacture of Biscuit from the flour of wheat and lentil seeds as a food supplement, *European Journal of Food Science and Technology*, 2 : 23-32.

- Griffiths M., Lawes M., 2006.** Scarification and maternal plant effects on seedling emergence in *Ziziphus mucronata* (Rhamnaceae). *Afr. J. Ecol.*, 44: 273–276.
- Grosskinsky B et Gullick C.** (2000). Exploring the potential of Indigenous Wild Food Plants in Southorn Sudan. USAID (Ed). Sudan. 111p.
- Guirand J., Galzy P. 1998.** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires ,Ed l'usine nouvelle, 70-72.
- Gusakova S. D., SagduUaev Sh. Sh., Aripov Kh. N., Basher K. H. C., Kurkcuglu M., Emirci B., 1999.** Isomers of palmitoleic acid in lipids and volatile substances from the fruits of *Ziziphus jujuba*. *Chemistry of Natural Compounds*, 35(4): 401-403.

H

- **Hammi K., Jdey A., Abdelly C-H ., Majdoub H ., Riadh Ksouri ., 2015.** Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology. *Food Chemistry*, 184: 80–89.
- Henebelle T., Sahpaz S., Bailleul F., 2004.** Polyphénols végétaux, sources, utilization et potential dans la lute contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2: 3-6.
- Hseini S., Kahouadji A., 2007.** Etude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental). *LAZAROA*, 28: 79-93.
- Hutchens A-R., 1973.** Indian Herbalogy of North America. Shambhala (Ed). Boston,
- Habib H-M., Ibrahim W-H., 2011.** Nutritional quality of 18 date fruits varieties *.International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62:544-551.
- Haritakum R., Jansakul C. et Ruchirawat S., 2005.** *Zizyphus* N, O, P, new antiplasmodial cyclopeptides alkaloids from *Zizyphus oenoplia* var. *brunoniana*. *Tetrahedron*, 61 :1175-1180.
- Hseini S., Kahouadji A., 2007.** Etude ethnobotanique de la flore médicinale dans la région de Rabat (Maroc occidental)' . *LAZAROA* 28: 79-93.
- Hammi H., Mkadmini K-H., Jdey., Abdelly CH., Majdoub H., Ksouri R ., 2015.** Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant compounds from Tunisian *Zizyphus lotus* fruits using response surface methodology. *Food Chemistry*, 184: 80–89.
- Hayouni E., Abedrabba M., Bouix M., Hamdi M., 2007.** The effects of solvent and extraction method on the phenolic contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quecus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extracts, *Food Chem*, 105: 1126-1134.
- Hermier J., Accolas JP., Desmazeaud M., 1986.** Les aliments fermentés d'origine animale

In ; Microbiologie alimentaire, aliments fermentés et fermentation alimentaire, Bourgois C M et Larpent J P. Tom 2 (Ed) : Ted et Doc, Lavoisier. Paris, pp 303- 308.

-Heller R., Esnault R., Lance C., 1990. Abréges de physiologie végétale.Tome I. Ed. Masson, 4^{ème} édition, 76p.

-Hodge J.E., 1953. Chemistry of browning reactions in model systems. *J. Agric.Food Chem*, 1 : 928-943.

-Hutchens AR., 1973.Indian Herbalogy of North America.Shamhala(Ed).Boston,382p.

I

-Ihekoronye A ., Ngoddy P.O., 1985. Integrated food Science and Technology for the Tropics. 1st Ed. McMiallian publisher. pp 261-291.

-Islam M-Z., Taneya M-L,Shams-Ud-Din M., Syduzzaman M., Hoque M., 2012. Physicochemical and Functional Properties of Brown Rice (*Oryza sativa*) and Wheat (*Triticum aestivum*) Flour and Quality of Composite Biscuit Made, *Scientific Journal of Krishi Foundation*, 10 : 20-28.

-Iserin P., Masson M., Redellini J., 2001.Larousse Encyclopédie des Plantes Médicinales, Identification, Préparations, Soins, VUEF. Pris 335.

-Iain D., 2016. Biscuit Baking Technology. Processing and Engineering Manual,

-Imhof R., Glättli H., Bosset J-O. , 1994. Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 27 : 442-449.

J

-Jacamon M., 1992. Guide de dendrologie. ENGREF (Ed). Nancy, 274 p.

-Jaccot B., Campillo B., 2003. Nutrition humaine.(Ed).Masson, Paris,311p.

-Jaffré T., 1977. Composition chimique élémentaires des tissus foliaires des espèces végétales colonisatrices des anciennes mines de ickel en nouvelle calédonie.VOL .XII Cah, 4 : 323-330.

-Jama B-A., Mohamed A-M., Mulatya J., Njuia N., 2007. Comparing the « Big Five » : a framework for sustainable management of indigenous fruit trees in the drylinds of east and central africa.elsevier. Ecological indicators.10p.

-Jawanda J-S., Bal J-S., Josan J-S., Mann S-S., 1981. Ber cultivation in *Punjab*.

-Jiang L., Yamguchi T., Takamura H., Matoba M., 2005. Characteristics of shodo Island olive oils in jabon , fatty Acid Composition and antioxidative compounds.food sci Technolo Res, 11 : 254-260.

-Juntachote T., Berghofer E., Siebenhandl S., Bauer F., 2007. Antioxidative effect of added dried holy basil and its ethanolic extracts on susceptibility of cooked ground pork to lipid oxidation , *food chemistry*, 100: 129-135.

K

-Kalab, M., Emmons, D. B., Sargant, A. G. 1976. Milk gel structure V. Microstructure of yoghurt as related to the heating of milk. *Milchwissenschaft*, 31, 402-408.

-Kaldy M-S., Rubenthaler G-I., Kereliuk J-R., Berhow M., Vandercook C., 1991. Relationship of Selected Flour Constituents to Baking Quality in Soft White Wheat. *Cereal Chemistry*, 68 : 508-512.

-Karaaslan M ., Ozden M., Vardin H ., Turkoglu H., 2011. Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT - Food Science and Technology* , 44: 1065-1072.-

-Kiger J-L., Kiger J-G., 1967. Techniques modernes de la biscuiterie, patisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod. Tome 1. Paris. 696 p.

-King A., Young G., 1999. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals .*Journal of the American dietetic association*, 99: 213-218.

-Kjeldhal J., 1883. Meue method lurk besyimmung des stichs offs in organischemkorpon. *Z. Anal. Chem.*, 22: 366-382.

-Kohen R ., Nyska A. 2002. Oxidation of biological systems: Oxidation stress phenomen ,

-Koksoy A., Kilic M., 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, ayran .*Food Hydrocolloids*, 18 : 593-600.

-Kriventsov V-I., Karakhanova S-V., 1970. The rutin content of jujube fruits. *Byulleten Gosudars to vennogo nikitskogo botanickogo Soda*, 14: 57-69.

-Ksouri R., Megdiche W., Falleh H., Trabelsi N., Boulaaba M., Smaoui A. et Abdelly C., 2008. Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *C.R. Biol*, 331: 865-873.

-Kumar P., Mishra H-N., 2004. Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physicochemical, sensory and textural properties. *Food Chemistry*, 87 :501-507.

-Kuntie V., Pejie N., Ivkovie B., Vugie Z., Ilie K., Miei S., Vukojevie V., 2007. Isocratic R-PHPLC method for rutin determination in solid oral dosage forms. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 43: 718-721. L. Mémoire de Magistère en Biologie. Université Hadj Lakhdar. Batna, 91p.

-Kotb, H.T.F., 1985. Medicinal Plants in Libya, Part II.

L

- Laabidi O., 2007.** Etude Rhéologique et Microbiologique d'une Farine Traitée par Irradiation. Impression : Photocopie et Reliure à chaud , Supérieure Des Industries Alimentaire De Tunis Esiat Projet De Fin D'etude En Vue D'obtention Du Diplome D'ingenieur National:66p.
- Lafond JL., 1991.** Le manganèse. In :Chapuis Ph. –Les oligoéléments en médecine et biologie. Paris:Lavoisier, ;pp. 523-541.
- Lahlou M ., El Mahi M ., Hamamouchi J. , 2002.** Evaluation des activités antifongiques et molluscide de *Zizyphus lotus* (L.) Desf.du Maroc.*Journal des annales pharmaceutiques française*, 60: 410-414.
- Lahlou M., El Mahi M., Hamamouchi J., 2002.** Évaluation des activités antifongique et molluscicide de *Zizyphus lotus* (L.) Desf. du Maroc. *Ann Pharm Fr*, 60: 410–418.
- Lamontagne M.,2002.** Produits laitiers fermentés.In Science et technologie du lait :transformation du lait.chapitre 8.Vignola C.I,Ed Presses internationales.polytechnique, pp93-139.557.
- Lamourri A., Ammar Y., Albouchi A., Sghaier T., Mguis K et Akrimi N.2008 .** Comparative study of the root system growth and development of three Tunisian jujube species . *Geo-Eco-Trop*, 32:37 – 46.
- Lara E., Cortes P., Briones V.,Perez M., 2011.** Structural and physical modification of corn biscuits during baking process. *LWT- Food Science and Technology*, 44: 622-630.
- Le Crouéour G ., Thèpenier P ., Richard B ., Petermann C ., Ghédira K ., Zèches-Hanrot M., 2002.** Lotusine G :a new cyclopeptide alkaloid from *Zizyphus lotus*.*Fitoterapia*, 73: 63-68.
- Le Floc'h E ., 1983.** Contribution à une etude ethnobotanique de la fore de la Tunisie. Programme Flore et Végétation Tunisiènne. *Publications Scientifiques Tunisiennes*. Tunis.; p. 150–1.
- Le magnen, J., 1998.** Evaluation sensorielle .Manuel méthodologique .Ed.Tec et Doc.Lavoiser,Paris,345p.
- Lee K-W., Kim Y-J., Lee H-J., Lee C-Y., 2003.** Cocoa Has More Phenolic
- Lehucher-Michel M-P ., Lesgards J-F., Delubac O ., Stocker P., Durand P., Prost M., 2001.** Stress oxydant et pathologies humaines. *Press Med*, 30: 1076-1081.
- Lekbir A., 2016.** Evolution des composés phénoliques et des paramètres biochimiques de trois variétés de dattes au cours de différents stades de maturation.Thèse de doctorat.en

Sciences.spécialité technologie Alimentaires.université de Batna1.

- Lemoine C., 2005.** Les fleurs méditerranéennes, Editions Jean-Paul Gisserot p. 14.
- Li J., Fan L., Ding SH., Ding X., 2007.** Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food chemistry*, 103: 454-460.
- Linden G., Lorient D., 1994.** Biochimie agro-alimentaire (validation alimentaire de la production agricole). Masson (Ed). Paris, 360p.
- Lönnerdal B., Keen CL., Bell JG., Sandström B., 1987.**Manganese uptake and retention: experimental animal and human studies. Dans: Nutritional Bioavailability of Manganese, C. Kies, American Chemical Society, Washington DC, p. 9-20.
- Loones A., 1994.** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In Bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologiques. Vol 2. De Roissart, H. & Luquet, F. M. (Eds), Loriga, Uriage, 135-154.
- Luquet, F.M., Carrieu, G. , 2005.** Bactéries lactiques et probiotiques.Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed Lavoisier Tec et Doc,Paris,307p.
- Laguna L., Paula V., Ana S., Teresa S., Susana M-F., 2011.** Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits. *Journal of Texture Studies*, 43: 235–245.
- Le Guen B., Ansoborlo E., 2005.** Le cobalt et ses isotopes. EMC –Toxicologie-Pathologie professionnelle ,11 p.
- Lingnert H., 1990.** Development of the Maillard Reaction during Food Processing,” In: P. A. Finot, Ed., Maillard Reaction in Food Processing. *Human Nutrition and Physiology*, p 171.

M

- Manoharr S., Rao P-H., 2002.** Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research International*, 35: 807-813.
- Morishita S., Mishima Y., Hirai Y., Saito T., Shoji M., 1987.** Pharmacological studies of water extract of the *Zizyphus* seed and the *Zizyphus* seed containing drug
Pharmacological. *General pharmacology*, 18: 637-641.
- Moreno Rojas R., Canal Ruiz C., Amaro Lopez M-A., Zurera Cosano G.,1993.** Contenido mineral del yogur natural. *Alimentaria*, 239, 81-84p
L. Mémoire de Magistère en Biologie. Université Hadj Lakhdar. Batna, 91p.
- Maache-Rezzoug Z., Bouvier J-M., Allef K., Patrasc ., 1998.**Effect of Principal Ingredients on Rheological Behavior of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. *Journal of*

Food Engineering, 35: 23-42.

-Maache-Rezzoug Z., Bouvier J-M., Patras C., Allaf K., 1998 b. Study of mixing in Connection with the Rheological Properties of Biscuit Dough and Dimensional Characteristics of Biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35: 43-56.

-Maciuk A., Ghedira K., Thepenier P, et al., 2003. A new flavonol glycoside from leaves of *Zizyphus lotus*. *Pharmazie* , 58: 158–159.

-Maciuk A., Lavaud C., Thépenier P et al., 2004. Four new dammarane saponins from *Zizyphus lotus*. *J Nat Prod* , 67: 39–43.

-Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., Schuck P., 2000. Les produits industriels laitiers. Tec et Doc, Lavoisier, Paris.

-Mahboba B., Naili Rabia O., Alghazeer Nabil A., Saleh , Asma Y. Al-Najjar.2010. Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia campestris* (Astraceae) and *Zizyphus lotus* (Rhamnaceae). *Arabian Journal of Chemistry*, 3(2): 79-84.

-Malgras D., 1992. Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes. ACCT Karthala, 478p.

-Manach C., Scalbert A., Morand C., Remezy C., Jimenez, L., 2004. Polyphenols : food sources and bioavailability. *Journal American of Clinical Nutrition*, 79, 5, 727-747.

-Manley D., 1998. Biscuits, cookies and crackers manufacturing manuals. CRC, 2000. Woodhead publishing limited, Cambridge: 15-20.

-Manoharr S., Rao P-H., 1999b. Effect of emulsifiers, fat level and type on the .rhéological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *J. Sci. Food Agric*, 79: 1223-1231.

-Manoharr S., Raop P-H., 1997. Effect of Sugars on the Rheological Characteristics of Biscuit Dough and Quality of Biscuits. *J. Sci. Food Agric*, 75: 383-390.

-Manoharr S. , RAO P-H., 1999a. Effects of water on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. Springer-Verlag. *Eur. Food Res. Technol*, 209 : 281–285.

-Maraghni M ., Neffati M ., 2014. Differential responses to drought stress in leaves and roots of wild jujube, *Zizyphus lotus*. *Actaphysiologiae plantarum*. 36(4). p.945-953

-Maraghni M., Gorai M., Neffati M., 2010. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Zizyphus lotus*. *S Afr J Bot*, 76: 453–459.

-Marfak A., 2003. Radiolyse gamma des flavoniodes, étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools ;formation des depsides.Thèse de doctorat.Ecole Doctorale Sciences Biologie Santé.Université de Limoges ;187p.

- Marshall V-M., 1987.** Lactic acid bacteria: starters for flavour. *Microbiology Reviews*, 46 :327-336.
- Matter Eman A-M., Amal A., Nahla M., Zidan S., 2016.** Fruit Flavored Yoghurt: Chemical, Functional and Rheological Properties. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 2 : 2454-1850 .
- Menard G., Poipier D., Boudreau A., 1992.** Les biscuiteries industrielles .Le blé : éléments Fondamentaux et transformation. Les presses de l'université Laval.Sainte-Foy. Canada : P287-348- 439.
- Men-Olivier L., 1997.** Dammarane saponins from *Zizyphus lotus*, *Phytochemistry*, Méridionales. Tome 1. Centre National de la Recherche Scientifique (Ed). Paris, 566p.
- Meschy F., 2010.** Nutrition minérale des ruminants. Quoe(Ed).208p.
- Messaili B., 1995.** Botanique, systématique des spermaphytes.OPU(Ed).Alger, 91p.
- Mohtadji-Lamballais C., 1989.** Les aliments. Editions Maloine. Paris, 203 p.
- Monney P-H., Henriot C., 2004.** Effet de la lumière sur la teneur en sucres des pommes. *Arboric. Hortic.*, 36: 177-182.
- Monney P.H., Henriot C., 2004.** Effet de la lumière sur la teneur en sucres des pommes. *Arboric. Hortic*, 36: 177-182.
- Morelle J., 2003.** L'oxydation des aliments et la santé. (Ed). Nouvelle Imprimerie Laballery, Paris, 250 p..
- Morishita et al., 1987**
- Mottar J., Bassier A., Joniau M., Baert J., 1989.** Effet of heat-induced association of whey proteins and casein micelles on yogurt texture. *Journal of Dairy Science*, 72: 2247-2256.
- Mzouri M ., Makhlouf J., Gosselin A., 1996.** Influence du milieu de culture et du cultivar sur la qualité et la conservation post-récolte de la tomate hypropon de serre. *J.Plant.sci*, 76: 515-519.

N

- Nadeem M., Ur-Rehman S., Anjum FM.2011.**Textural profile analysis and phenolic content of some date palm varieties *Journal of agricultural Research*, 49 : 525-539.
- Nazif N., 2002.** Phytoconstituents of *Zizyphus spina-christi* L. fruits and their antimicrobial activity. *Food Chemistry*, 76: 77–81.
- Ndife J., Idoko F., Garba R., 2014.** Production and quality assessment of functional yoghurt enriched with coconut. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3: 545-550.
- Nour A-M., Ali A-O., Ahmed H-R., 1987.** A chemical study of *Zizyphus*

-Nout R., Hounhouigan D-J., Boekel V-T., 2003. Les Aliments, Transformation, Conservation et Qualité. BACKHY Publishers. Netherlands. 268 p.

O

-Ott A., Fay L. B. , Chaintreau, A, 1997. Determination and origin of the aroma impact compounds of yoghurt flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 : 850-858.

-Ouedraogol S-J., Bayala1 J., Dembe´ C., Kaborel A., Kaya B., Niang A., Some A-N., 2006 . Establishing jujube trees in sub-Saharan Africa: response of introduced and local cultivars to rock phosphate and water supply in Burkina Faso, West Africa. *Agroforestry Systems*, 68: 69–80.

-Ourzeddine W., Fadel H., Mechehoud Y., Chalchat J., Figueredo G., Chalard P., Benayache F., Benayache S., 2017. Chemical Composition and Antioxidant Activity of the Fruit Essential Oil of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. (Rhamnaceae). *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9 : 228-232.

-Ozenda P., 1977. Flore de Sahara. CNRS (Ed). Paris, 322p.

P

-Pala M., Mahmutoglu T., Saygi B., 1996. Effects of pre-treatment on the quality of open-air and solar dried apricot. *Nahrung*, 40 :137-141.

-Pawliska A-M ., Camangi F., Bader A., Braca A., 2009. Flavonoids of *Zizyphus jujube* L. and *Zizyphus spina christi* (L.) willd (Rhamnaceae) fruits. *Food chemistry*, 112: 858-862.

-Paci Kora, E., Souchon, I., Latrille, E., Martin, N., Marin, M. 2004. Composition rather than viscosity modifies the aroma compound retention of flavored stirred yogurt. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 52, 3048-3056

-Pareek, O.P., 2002. Ber-*Zizyphus mauritania*. Available by International Centre for Underutilized crops, University of Southampton, Southampton.

-Paris R., Dilleman G., 1960. Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue pharmacologique. In: Plantes médicinales des régions arides. Unesco, Paris.

-Pawliska A-M ., Camangi F., Bader A., Braca A. 2009. Flavonoids of *Zizyphus jujube* L. and

-Pedersen L., Kaack K., Bergsoem N., Adler -Nissen J., 2004. Rheological properties of biscuit dough from different cultivars, and relationship to baking characteristic. *Journal of Cereal Science*, 39: 37-46.

-Penso G., 1983. Index plantarum medicinalum totius mundi orumque synonymorum. OEMF , Milan

- Peronny S., 2005.** La perception gustative et la consommation des tannins chez le MAKI (Lemur Catta).Thèse de Doctorat du Muséum national d'histoire naturelle .Discipline Eco-Ethologie .151p
- Perret C., 2001.** Analysis de tannins inhibiteurs de stilbène oxydase produite par Btrytis cinerea Pers.:FR .Thèse de Doctorat .Université de Neuchatel.173p.
- Petit P ., Granier T ., Langlois d'Estaintot B ., Manigand C., Bathany K ., Schmitter J-M .,Lauvergeat V ., Hamdi S ., Gallois B. 2007.**Crystal Structure of grape dihydroflavonol 4-reductase, a key enzyme in flavonoid biosynthesis. *J. Mol. Biol*, 368: 1345-1357
- Petropoulos I., 2003.** Stress oxydant et vieillissement modifications oxydatives des protéines au cours du vieillissement.Diderat.Paris. *pharmaceutical Bulletin*, 33: 4017-4020.
- phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu
Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. *J. Agric.*
- Pinta M ., Bourdou B ., Rousselet F., 1980.** Spectrophotométrie d'absorption atomique .Masson et Arston (Eds).Paris ,478p.
- PNNS, 2007.** Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides Etapes 1 et 2 du mandat
- Pourcel L ., Routaboul J-M ., Cheynier V ., Lepinie C-L ., Debeaujon I., 2006.** Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological function. *Trends in plant science*, 12: 29-36.

Q

- Qing-Han G., Pu-TeWub ., Jia-Ren L., Chun-Sen W., John W., Parry M., 2011 .**Physico-chemical properties and antioxidant capacity of different jujube(*Ziziphus jujuba* Mill.) cultivars grown in loess plateau of China. *Scientia Horticulturae* ,130: 67–72.
- Quezel P., Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques.

R

- Reberfroid M ., 2002.** Aliments fonctionnels.(Ed). Tech et Doc-Lavoisier, Paris, p 308.
- Renault J.H., Ghedira K., Thepenier P., Lavaud C., Zeches-Hanrott M., Le Rhamnaceae. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* , 359: 1495–1508.**
- Ribéreau-Gayon P., 1972.** Les composés phénoliques des végétaux. *Dunod* (Ed). Paris.
- Richardson J-E., Chatrou L-W., Mols J-B., Erkens H-J., Pirie M-D., 2004.** Historical biogeography of two cosmopolitan families of flowering plants: Annonaceae and Rhamnaceae. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*,

359, 1495–1508.

-Reich L., 1991. Uncommon fruits worthy of attention. Reading, Mass. Addison-Wesley, pp. 139-146.

-Rosniyana A., Sarmin S. , Shariffah N., 2011. Quality Evaluation of Brown Rice Flour Made From Malaysian Rice Variety. *The 12th Asean Food Conference*, 16-18 June, 2011, BITEC.Bangna, Bangkok, Thailand, 782 p.

-Rosell M.C., Marco C., 2008. Rice. In *Gluten Free Cereal Products and Beverages*. Edited by: ARENDT E.K. & DAL BELLO F. Elsevier Academic Press. pp 81-100.

-Rsaissi N., Bouchache M., 2002. La lutte chimique contre le jujubier .Programme National de transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA), DERD (Ed) Rabat.(94) : 4p.

-Rsaissi N., El Kamill B., Bencharki L. , Hillali M., Bouhache ., 2013 . Antimicrobial activity of fruits extracts of the wild jujube "*Ziziphus Lotus* (L.) Desf. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4.

-Ruiz G., 2005. Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Limoges Discipline : Chimie appliquée-Chimie de substances Naturelles.258p.

-Ruiz-Rodriquez B-M., Morales P ., FernandezRuiz V., 2011. Valorization of wild strawberry-tree fruits (*Arbutus unedo* L.) through nutritional assessment and natural production data. *Food Research International*, 44: 1244-1253.

S

-Saadoudi M., 2008. Etude de la fraction glucidique des fruits de : *Celtis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L et *Zizyphus lotus* L. Mémoire de Magister. Université Hadj-Lakhdar, Batna, 80p.

-Sadeghi A., Pourahmad R., Mokhtare M., 2017. Enrichment of Probiotic Yogurt with Broccoli Sprout Extract and its Effect on *Helicobacter pylori*. *Applied Food Biotechnology*, 4 (1): 55-59.

-Saiah H., Allem R., El Kebir F., 2016. Antioxidant and antibacterial activities of six Algerian medicinal plants. *international journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 8: 368-374.

-San B, Nurhan Yildirim A., 2010. Phenolic, alpha-tocopherol, beta-carotene and fatty acid composition of four promising jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) selections; *Journal of Food Composition and Analysis*, 23: 706–710.

- Sanchez-Moreno C.**, 2002. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *International Journal of Foods Science and Technology*, 8: 121-137.
- Sanchez-Segarra P-J., Garcia-Martinez M., Gordillo-Otero M-j., DiazValverde, A., Amaro-Lopez, M.A., Moreno-Rojas, R.** 2000. Influence of addition of fruit on the mineral content of yoghurts: nutritional assessment. *Food Chemistry*, 70, 85-89.
- Scalbert, A. et Williamson, G., 2000.** Chocolate: Modern Science Investigates an ancient Medicine Dietary Intake and Bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition*, 130, 2073-2085.
- Scalbert, A., Morand, C., Manach, C., Rémésy, C., 2002.** Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomed Pharmacother*, 56, 276-282.
- Schmidt JL., Tourneur C., Lenoir J., 1994.** Fonction et choix des bactéries lactiques en technologie laitière. In : De Roissart H et Luquet FM. Bactéries lactiques Tomes II. Edition : Loriga, Paris. pp37-54.
- Schofield P., Mbugua D-M., Pell A N., 2001.** Analyses of condensed tannins: a review *.Animal Food and Technology*, 91: 21-40.
- Schroeder HA., Balassa JJ., Tipton IH., 1966.** Essential trace metals in man: Manganese. A study in homeostasis. *J Chron Dis*, 19:545-571.
- Sedra M-H., 2003.** Le palmier dattier base de la mise en valeur des oasis au maroc :Techniques phoéniciques et creation d'oasis .Institut national de la recherche agronomique .INRA(Ed),Royaume de maroc,265p.
- Selselet-Attou G., 1991.**Technologie des céréales et produits dérivés. Institut de Technologie Agricole-Mostaganem. Document à l'usage des étudiants, option : Technologie Agro-Alimentaire. 147 p.
- Sevanian A., Nordenbrand K., Kim E., Ernester L., Hochstein P., 1990.** Microsomal lipid peroxidation : The role of NADPH-cytochrome P450 reductase and cytochrome P450 *.Free Radic Biol Med*, 8: 145-152.
- Siddhuraju P., Manian S., 2007.** The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of dietary phenolic extracts from horse gram (*Macrotyloma uniflorum* (Lam.)Verdc.) seeds. *Food Chemistry*.
- Siddhuraju P., 2007.** Antioxydant activity of polyphenolic compounds axtracted from defatted raw and dry heated Tamarindus indica seed coat *.LWT*, 40: 982-990.

- Singh, J. 1983.** Influence of heat-treatment of milk and incubation temperatures on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus acidophilus*. *Milchwissenschaft*, 38, 347-348.
- Singleton V-L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M., 1999.** Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Singleton V-L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R-M., 1999.** Analysis of total.
- Singleton V-L., Rossi JA-Jr., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic –phosphotungstic acid reagents *.american journal of ecology and viticulture*,16: 144-158 .
- Singleton V-L., Rossi, JA. Jr., 1965.** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic –phosphotungstic acid reagents *.american journal of ecology and viticulture*,16: 144-158
- Sirahaby G., 2006.** Etude de photochimie et des activités biologiques de *Zizyphus mauritiana* Lam.(Rhamnaceae)utilisée dans le traitement traditionnel du diabète et de l'hypertension artérielle en Mauritanie. Université de Bamako.156p.
- Soussi SW., Fachmann W., Kraut H., 1993.** Food composition and nutrition tables (5th revised and completed ed)(Deutsche For-schungsanstalt)(Medpharm scientipub ; Boca Raton,Ann Arbor,London,Tokyo :CRC Press.
- Srivastava Y., Semwal A., Sharma G-K., Bawa A., 2010.** Effect of Virgin Coconut Meal (VCM) on the Textural, Thermal and Physico Chemical Properties of Biscuits. *Food and Nutrition Sciences*, 1: 38-44.
- Su P., LiuScientia X., 2005.** Photosynthetic characteristics of linze jujube in conditions of high temperature and irradiation *.Horticulturae*, 104 : 339–350.
- Suksamrarn S ., Suwannapoch N ., Aunchai N ., Kuno M ., Ratananukul P ., Haritakum R ., Jansakul C ., Ruchirawat S. , 2005.** *Ziziphine* N, O, P, new antiplasmodial cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus oenoplia* var. *brunoniana*.*Tetrahedron*, 61 :1175-1180.

T

- Taanaka Y., Sanada S., 1991.** Studies on the constituents of *Zizyphus jujuba*
- Tamime A Y.,Robinson R K., 2005.** Background to manufacturing practice. In *Yogurt .Sciences and Technology*. Tamime A Y α Robinson R K.(Eds),Pergamon Prss, Paris ,7-90.

- Tamjidi F., A Nasirpour A., M Shahedi M., 2012.** Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Sci Technol Int* , 18(4): 381-90.
- Tharrault J. F., 1997.** Qualité biscuitière des farines de blé tender: des blés biscuitiers pour une bonne maîtrise de la texture des biscuits. In, GODON B. et LOISEL W. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Lavoisier. Tec. et doc. Paris. 819 p.
- Thereof., 2012 .** A Scientific Journal of Krishi Foundation. *The Agriculturists* ,10: 20-28
- Toguyeni A., 1996.** La croissance différentielle liée au sexe chez le tilapia (piscis :Cichlidae),*oreochromis niloticus* (linnaeus,1758) :contribution des facteurs génétiques ,nutritionnels,comportementaux ,et recherche d'un relais d'un relais endocrinien .Thèse de doctorat .Mention :Biologie et Agronomie .Ecole Nationale SupérieurE Agronomique de Rennes.Université de Rennes1.158p.
- Tomoda M., Shimuju N., Gonda R., 1985.** Pectic substances II. The location of
- Tortora G.J., Anagnostakos N.P., 1987.** Principes d'anatomie et de physiologie. (Ed). INC, 5 ème Edition, 688-693 pp.
- Tortora G.J. et Anagnostakos, N.P., 1987.** Principes d'anatomie et de physiologie. Ed. INC, 5^{ème} édition, 688-693.
- Travers I ., 2002.** Influence des conditions pédoclimatiques du terroir sur le comportement du pommier et la composition des pommes à cidre dans le Pays d'Auge, Thèse du Doctorat de l'universite de caen Spécialité : Sciences agronomiques, biotechnologie agro-alimentaire. 268p.
- Tripathi M.K., Santra A., Chaturvedi O.N., Karim S.A., 2004.** Effect of sodium (Eds). Paris, 283p. (L.). *Trees-Burlin-*, **21**: 55-63.
- Toulsoumdé L ., GORGA K, BATIONO F., SAVADOGO A., 2016.** Utilisation du moringa, de la spiruline, de la patate douce à chair orange et d'un complexe minéral et vitaminique dans la fabrication de biscuits de sorgho enrichis destinés aux jeunes enfants. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 10(4): 1651-1665.
- Tyagi S-K. Manikantan M-R., Oberoi H-S., Kaur G., 2007.** Effect of Mustard Flour Incorporation on Nutrition, Textural and Organoleptic Characteristics of Biscuits," *Journal of Food Engineering*, 80 : 1043-1050.



- Van Marle M., 1998.** Structure and rheological properties of yoghurt gels and stirred yogurts.thèses.University of twente,Ensced ,pays Bas.

- Veissyre, R., 1979.** Technologie du lait. Edition : la maison Rustique : pp 331-332.
- Vignola C., 2002.** Sciences et technologie du lait : transformation du lait. EdLavoisier, Paris, 600p.
- Virginia R., Williams E., Fieger A., 2006.** Influence of ingredients on thiamin content of biscuits. *Journal of food science*, 9: 328–337.

W

- Wade P., 1988.** Biscuits, Cookies and Crackers: Vol. 1,," Essex: Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London, 1988.
- Waqar A., Naveed M., Khan H., Abdur R., 2014.** Pharmacological and Phytochemical Studies of Genus *Zizyphus*. *Middle-East Journal of Scientific Research* , 21: 1243-1263.
- Watts B-M., Ylimaki G-L., Jeffery L-E., Elias L-G., 1991.** Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. Centre de recherches pour le développement International d'Ottawa. Canada, 159p.

Y

- Yadav D.,Thakur N., Sunooj K., 2012.** .Effect of Partially De-Oiled Peanut Meal Flour (DPMF) on the Nutritional, Textural, Organoleptic and Physico Chemical Properties of Biscuits. *Food and Nutrition Sciences* , 3 :471-476.
- Younos C ., 2008.** Plantes mentionne ´es dans le saint Coran et dans la Tradition prophétique. Editions Bamiyan, 168.

Z

- Zhang H., Jiang L.,Ye S.,Ye Y-B., Ren F-Z., 2010.** Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Zizyphus jujube* Mill.) from China. *Food Chem. Toxicol.* 48, 1461–1465.
- Zhao C., Wang M., Wei G.X., Deng J.M., Cheng D.L., 2007.** Effects of ground *Zizyphus spina christi* (L.) willd (Rhamnaceae) fruits. *Food chemistry*, 112: 858-862.
- Zoughlache S., 2009.** Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Zizyphus lotus* L. Mémoire de Magistère en Biologie. Université Hadj Lakhdar. Batna, 91p.

Annexes

Annexes 1

1-Dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois

1.1. Préparation de la gamme d'étalonnage

Réactifs

- Acide sulfurique concentré
- Phénols : 5 g pour 100 ml H₂O.

Préparation de la gamme

-Peser 50 mg de glucose ;

-La dissoudre dans 50 ml d'eau distillée ,soit une solution mère avec une concentration de 1 mg/ml ;

-A partir de cette solution mère on prépare différentes concentrations(0.05-0.15mg/l) ;

-Prendre 1ml de chaque un de ces tubes ;

Dans des tubes à essais :

-0.5 ml d'une solution d'ose.

-0.5 ml d'une solution de phénol à 5%

-3 ml d'acide sulfurique concentré.

-Lire la DO à 485nm et tracer la $DO=f(C)$.

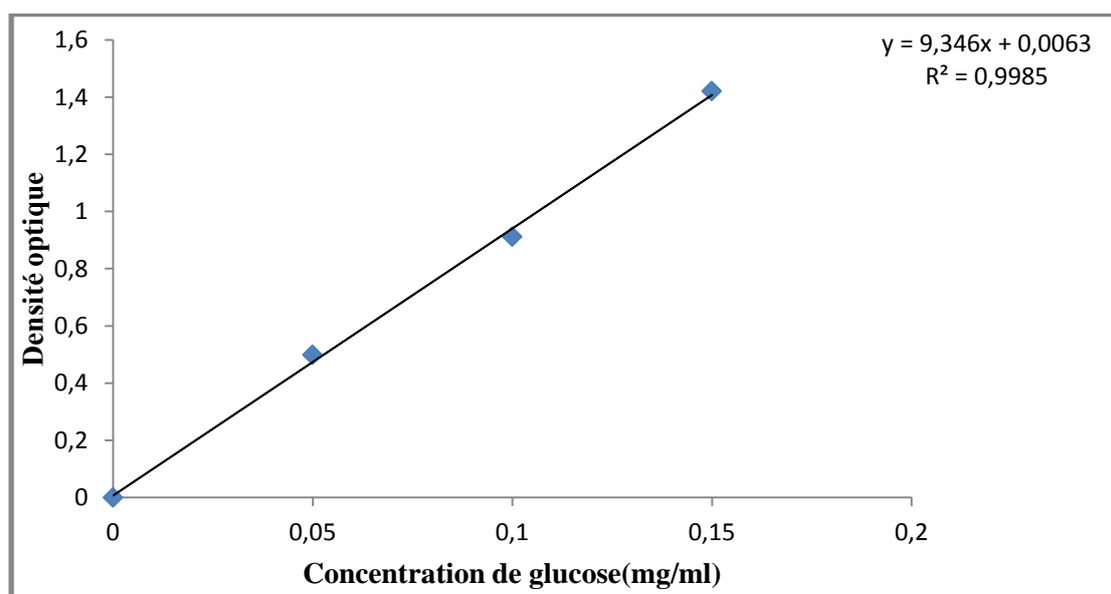


Figure 1 ■ Courbe d'étalonnage du glucose.

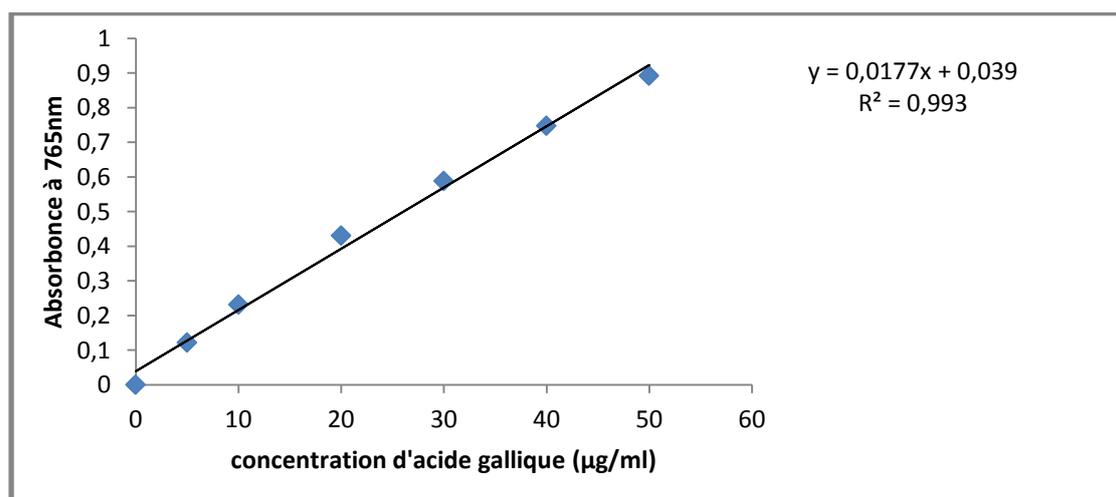
Tableau 1 ■ Gamme étalon des sucres totaux.

Solution de glucose à 0.01%	0	0.05	0.1	0.15
Eau distillée(ml)	0.5	0.45	0.4	0.35
Concentration (mg/ml)	0	0.05	0.1	0.15
Densité optique	0	0.498	0.911	1.52

2-Dosage des polyphénols

2.1. Préparation de la gamme d'étalonnage

Les concentrations des polyphénols sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec l'acide gallique (0-50µg/ml) et sont exprimées en microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg).

**Figure 2..** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des poly phénols**Tableau 2** ■ Gamme étalon des polyphénols.

Solution d'acide gallique (µl)	0	20	40	80	120	160	200
Methanol (µl)	200	180	160	120	80	40	0
Concentration µg/ml	0	5	10	20	30	40	50
Densité optique	0	0,192	0,241	0,43	0,605	0,748	0,892

3. Dosage des flavonoïdes totaux

3.1 .préparation de la gamme d'étalonnage.

Les concentrations des flavonoïdes sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec la quercétine (0-25 μ g/ml), et sont exprimées en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (μ g EQ/mg).

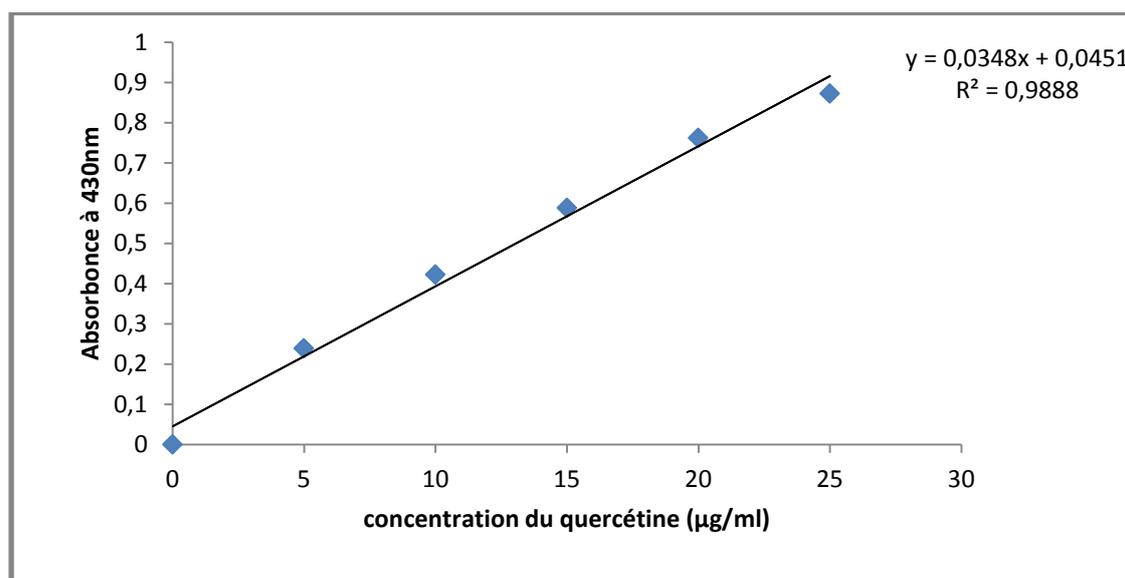


Figure3■ Courbe d'étalonnage des flavoniodes.

Tableau 3■ Gamme étalon des flavonoïdes.

Solution de quercétine (μ l)	0	200	400	600	800	1000
Méthanol (μ l)	1000	800	600	400	200	0
Concentration μ g/ml	0	5	10	15	20	25
Densité optique (nm)	0	0,239	0,422	0,588	0,762	0,872

Annexe 2**1. Fiche d'évaluation des biscuits****1. 1. Test de classement.**

Cinq échantillons de biscuits vous sont présentés.

Vous devez les classer selon l'intensité croissante de la valeur « agréable ».

Les échantillons portent les numéros :

400 725 975 250 110

Veillez indiquer votre classement ?

Peu agréable



Très agréable

--	--	--	--	--

1.2. Test hédonique

- Descripteur : Odeur

Veillez examiner et goûter chaque échantillon de biscuits dans l'ordre de gauche à droite, tel qu'indiqué sur le bulletin. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé chaque échantillon en cochant la mention appropriée en dessous du numéro de code de chaque échantillon.

Code 400

Code 725

Code 975

Code 250

Code 110

<input type="checkbox"/> aimé énormément				
<input type="checkbox"/> aimé beaucoup				
<input type="checkbox"/> aimé modérément				
<input type="checkbox"/> aimé un peu				
<input type="checkbox"/> indifférent				
<input type="checkbox"/> pas aimé bcp				
<input type="checkbox"/> pas aimé				
<input type="checkbox"/> pas aimé du tout				
<input type="checkbox"/> détesté				

-le même test hédonique pour le reste des descripteurs(le gout sucré, le gout de gras, le gout de farine, l'arome, l'arrière gout, la dureté.....).

2.Fiche d'évaluation des yaourts.

2.1. Test de classement.

Quatre échantillons de yaourts vous sont présentés.

Vous devez les classer selon l'intensité croissante de la valeur « agréable ».

Les échantillons portent les numéros :

011 627 137 226

Veillez indiquer votre classement ?

Peu agréable



Très agréable

--	--	--	--	--

2.2. Test hédonique

- Descripteur : gout acide

Veillez examiner et goûter chaque échantillon de yaourts dans l'ordre de gauche à droite, tel qu'indiqué sur le bulletin. Indiquez dans quelle mesure vous avez aimé ou pas aimé chaque échantillon en cochant la mention appropriée en dessous du numéro de code de chaque échantillon.

Code 011

Code 627

Code 137

Code 226

<input type="checkbox"/> aimé énormément			
<input type="checkbox"/> aimé beaucoup			
<input type="checkbox"/> aimé modérément			
<input type="checkbox"/> aimé un peu			
<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent	<input type="checkbox"/> indifférent
<input type="checkbox"/> pas aimé bcp			
<input type="checkbox"/> pas aimé			
<input type="checkbox"/> pas aimé du tout			
<input type="checkbox"/> détesté	<input type="checkbox"/> détesté	<input type="checkbox"/> détesté	<input type="checkbox"/> détesté

le même test hédonique pour le reste des descripteurs (gout amer, l'arome, le gout sucré, le gout grasseeux.....).

Résumé

Le fruit de *Zizyphus lotus* L. appelé aussi jujube ou N'beg en Algérie est présent en abondance dans la région des Aurès. Les jujubes sont brun foncés à maturité et présentent une pulpe à texture croquante, une saveur spécifique et un goût sucré, ces propriétés lui confèrent la possibilité de pouvoir être conservées pour de longues durées. De ce fait, il serait possible d'envisager différentes transformations comme farine et de l'incorporer dans les différents produits alimentaires. Le présent travail a montré la valorisation des jujubes, en vue de leur éventuelle transformation en poudre. Les poudres des jujubes obtenues ont été avantageusement dans un produit laitier comme ingrédient naturel de substitution du sucre blanc et dans un produit céréalier comme ingrédient naturel de substitution partiel ou totale de farine de blé pour la préparation des biscuits. Cette étude a montré que ces jujubes contiennent des quantités appréciables de nutriments, des minéraux et des polyphénols. L'addition des jujubes dans le yaourt et le biscuit a permis d'obtenir des yaourts et des biscuits enrichis en minéraux, en protéines, en solides totaux et en polyphénols. Le test de dégustation permet de faire ressortir le classement de préférence suivants : pour les yaourts YN, YJ6, YJ13, YJ26 et pour les biscuits : FWJ, WFJ, FJW, FJJ. Les résultats microbiologiques des quatre yaourts montrent clairement leur parfaite conformité aux normes.

Mots clés : Fruit de *Zizyphus lotus* L., test de dégustation, yaourt, biscuit, farine de fruit de *Zizyphus lotus* L., valorisation incorporation.

Abstract

The fruit of *Zizyphus lotus* L. also called jujube or nbeg, in Algeria is present in abundance in the Aures region. The jujubes are dark brown when ripe and have a crunchy texture pulp, a specific flavor and a sweet taste. These properties give it the possibility of being preserved for long periods. Therefore, it would be possible to consider different transformations as flour and incorporate it into different food products. The present work has shown the valorization of jujubes, in order of an eventual transformation into powder. The jujubes powders obtained were advantageously used in a dairy product as natural substitute ingredients for white sugar, and in a cereal product as a natural ingredient for partial or total substitution of wheat flour for the preparation of biscuits. This study showed that these jujubes contain appreciable amounts of nutrients, minerals and polyphenol. The addition of jujubes in yogurt and biscuits has permitted to obtain yogurt and biscuits enriched with minerals, protein, total solids and polyphenol. The tasting test allows highlighting the following preference ranking: for biscuits FWW, WFJ, FJW, FJJ and for yogurt: YN, YJ6, YJ13, YJ26. The microbiological results of the four yogurts clearly show their perfect compliance with the standards.

Key words: *Zizyphus lotus* L. fruit, tasting test, yoghurt, biscuit, *Zizyphus lotus* L flour, valorisation, incorporation.

ملخص

في الجزائر و خاصة في منطقة الاوراس توجد بوفرة ثمار النبق . الثمار بنية داكنة عند النضج لها نكهة خاصة و طعم حلو هذه الخصائص اكسبتها امكانية الحفاظ عليها لفترات طويلة لذلك سيكون من الممكن تصور تحولات للثمار الى طحين ودمجه في المنتجات المختلفة . اظهر هذا العمل تقييم ثمار النبق الى تحول الثمار في نهاية المطاف الى طحين طبيعي لاستبدال السكر الابيض ومنتجات الحبوب كمكون طبيعي في الاستبدال الجزئي او الكلي من دقيق القمح . قد اظهرت ان هذه الثمار تحتوي على كميات ملموسة من العناصر الغذائية ومادة البوليفينول . وادت اضافة النبق في البسكويت والزبادي الى التحصل على البسكويت والزبادي غنيين بالمعادن والبروتينات الدهنية و السكريات. سمح الترتيب التذوقي بترتيب الافضلية، بالنسبة للبسكويت فكان الترتيب التالي: FWW ، FWJ ، WFJ ، FJW ، FJJ و بالنسبة للزبادي فكان الترتيب التالي : YN ، YJ6 ، YJ13 ، YJ26 . النتائج الميكروبيولوجية للزبادي الأربعة تظهر بوضوح امتثالها التام للمعايير.

الكلمات المفتاحية: ثمار النبق، تذوق، زبادي، بسكويت، طحين النبق، ثمين، دمج.