

Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Evaluation de l'activité anti-oxydante et le pouvoir anti-dénaturant des protéines d'un yaourt brassé enrichi avec la poudre de feuille de *Moringa* traité au micro-ondes

Présenté par :

FEDALA Zahra & IMARAZENE Sonia

Soutenu le : **1 juillet 2019**

Devant le jury composé de :

Mme. TAMENDJARIS

MCB

Présidente

Mme. BOUDJOU.S

MCB

promotrice

Mme. SMAIL.L

MAA

Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

On tient à remercier le Dieu de nous avoir donné le courage et la patience afin que ce travail puisse voir le jour.

Nos remerciements sont adressés à :

Notre promotrice, Mme BOUDJOU, pour sa précieuse recommandation, ses conseils et son orientation.

On remercie également les membres du jury Mme SMAIL., et Mme TAMANDJARI d'avoir consacré leur temps à la lecture de ce manuscrit, et d'accepter de juger et d'évaluer ce travail

Enfin on tient à exprimer nos profonds remerciements à tous ceux qui nous en soutenu de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Dédicace

A la femme la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a sue me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard, ma mère que j'aime.

A l'homme de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon père que j'aime.

A ceux qui m'ont aidé et m'ont donné joie et bonheur :

Mes cheres soeurs Sakina, Hayet, Fahima

Mes chers Frères Kouciela, et Lyas, Louab qui me manque beaucoup.

A mes neveux et mes nièces que j'adore beaucoup.

A mes oncles et leurs familles.

A mes tantes et leurs familles.

A mes amis les plus fidèles en particulier Loulou, Rahim, Thiziri, Ryma, Ouardia, Walid, Hamza, Mani, Nissa, Fati, Kahina, sans oublier ma binôme

Sonia et sa famille

A toute la promo science alimentaire.

A ceux que j'ai eu la chance de connaître, dans les meilleurs et pires moments de ma vie.

A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment, je dédie ce modeste travail.

Zahra

Dédicace

A la femme la plus courageuse, sensible, généreuse, à celle qui a su me donner amour et joie de vivre, à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard, ma mère que j'aime, longue vie nchalah.

A l'homme de courage et de force, à celui qui a toujours été présent, qui m'a appris les vraies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances, mon père que j'aime, longue vie nchalah.

A ceux qui m'ont aidé et m'ont donné joie et bonheur :

Mes chères soeurs chadia et son mari hamo et ses fils adem, abd raouf.

A katia et son mari walid et leur fille anies.

A fatiha et son mari mazian.

A mon chère Frère rayane la lumière de ma vie.

A ma tante massika et son mari mohand que j'adore beaucoup.

A toutes les familles imarazene.

A mes amis les plus fidèles en particulier Loulou, Rahim, Thiziri, Walid, Hamza,

Nissa, sans oublier ma binôme zahra et sa famille

A toute la promo science alimentaire.

A tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'aiment, je dédie ce modeste travail.

sonia

Liste des figures:

Figure 01: Valeur nutritionnelle des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	06
Figure 02 : Poudre de feuilles de <i>Moringa</i> ajoutée à un plat	07
Figure03 : Diagramme de fabrication des deux types de yaourt d'après.....	13
Figure N 04 : les différentes poudres de <i>Moringa</i> traitées et non traitées.....	20
Figure N 05 : Protocole de détermination de la CRE/CRH.....	21
Figure N 06 : Protocole de détermination de la capacité gélifiante selon.....	22
Figure N 07 : protocole de détermination de la solubilité selon.....	22
Figure N08 : protocole de détermination de pouvoir émulsifiant des poudres étudiées....	23
Figure N09 : Protocole de mesure de l'acidité titrable des poudres.....	23
FigureN10 : Protocole de détermination de la densité des poudres.....	24
Figure N 11 : protocole de détermination du brix dans les poudres.....	25
Figure12 : diagramme de fabrication de yaourt brassé.....	25
Figure N13 : Protocole de mesure de la synérèse.....	26
Figure N 14 : Etapes d'extraction des Glucides totaux.....	28
FigureN15 : Etapes de dosage des Glucides totaux.....	29
Figure N16 : étapes d'extraction des composés phénoliques à partir des yaourts préparés.....	29
Figure N 17 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles.....	30
Figure N18 : Protocole du dosage des flavonoïdes.....	31
Figure N 19: Protocole de dosage des tanins condensés.....	31
Figure N20 : protocole de chélation de fer ferreux.....	32
Figure N21 : protocole de mesure de pouvoir réducteur du fer.....	34

Figure N22 : protocole de test du phosphomolybdate d'ammonium.....	35
Figure N23 : Protocole d'inhibition de la dénaturation de l'albumine bovin.....	36
FigureN°24 : Capacité de rétention d'eau à 25°C.....	39
FigureN°25 : Capacité de rétention d'huile à 25°C.....	40
FigureN° 26 : Pourcentage de gonflement.....	40
FigureN°27 : Indice de solubilité.....	41
Figure N°29 : Capacité émulsifiante des différentes poudres étudiées.....	41
FigureN°30 : résume les résultats de la composition physique-chimique de la poudre de <i>Moringa oleifera</i>	43
FigureN°31 : Les teneurs de densité et taux de brix.....	44
FigureN°32 : le taux d'humidité et cendres.....	45
FigureN°33 : les résultats présentant le taux des sucres totaux.....	45
FigureN°34 : Evolution du PH au cours du stockage.....	46
FigureN°35 : Acidité des différents yaourts.....	47
FigureN°36 : Taux de synérèse de yaourt.....	47
FigureN°37 : Teneur en phénol totaux solubles des extraits des yaourts.....	48
FigureN°38 : Teneur en flavonoïde des extraits de yaourts.....	49
FigureN°39 : Teneur en tanins condensés des extraits des différents yaourts.....	49
FigureN°40 : chélation de fer ferreux.....	50
FigureN°41 : taux d'inhibition du blanchissement de B-carotène par les extraits et standards.....	51
FigureN°42 : pouvoir réducteur du fer ferrique des extraits des yaourts à différentes concentrations.....	52
FigureN°43 : Pouvoir réducteur du fer ferrique de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.....	52

FigureN°44 : Pouvoir réducteur du phosphomolybdate des extraits des yaourts à différentes concentrations.....	54
FigureN°45 : Pouvoir réducteur du phosphomolibdate de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations.....	54
FigureN°46 : Pourcentages d'inhibition de la dénaturation de BSA des extraits analysés.....	55
FigureN°47 : Pourcentages d'inhibition de la denaturation de l'albumine par le diclofenac et celebre.....	56
FigureN° 48 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	58
Figure N°49 : Corrélations entre les variables et les facteurs Par ACP.....	60
FigureN° 50 : Profil des différentes classes créées.....	61
Figure N°51 : La cartographie des préférences.....	62

Abs : Absorbance.

C° : Degré Celsius.

Eq AG : Equivalent Acide Ascorbique.

M O : *Moringa oleifera*.

MS: Matière sèche.

ONG : Organisation non gouvernementale.

pH : potentiel d'hydrogène.

PTS : Phenols totaux solubles.

OGA : Oxytetracycline glucose agar base.

VRBL : Gélose lactose et biliée, cristal violet et rouge neutre.

PCA : Plate Count Agar.

UFC : Unite formant colonie.

TTA : Acidité titrable.

ED : Eau distillée.

BHT : Butyl-hydroxytoluène.

BHA : Hydroxyanisole Butyle.

BSA : Bovin sérum albumine.

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium.

Fe⁺² : Ion ferreux.

Fe⁺³ : Ion ferrique.

FeCl₃ : Chlorure ferrique.

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%.

NaCl : Chlorure de sodium.

Eq Q : Equivalent quercetine.

Eq CAT : Equivalent catechine.

W : Puissance.

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre I. Généralités sur <i>Moringa Oleifera</i>	
I.1.Origine et distribution de <i>Moringa Oleifera</i>	2
I.2.Systématique, nomenclature et description botanique.....	2
I.3.Caractéristique écologique de <i>Moringa Oleifera</i>	3
I.4. Morphologie.....	4
I.5.Valeur nutritionnelle des feuilles de <i>Moringa Oleifera</i>	5
I.6.Domaine d'utilisation de <i>Moringa Oleifera</i>	6
I.6.1 : Alimentation humain.....	7
I.6.2 : Lutte contre la malnutrition.....	7
I.6.3 : Utilisation médicinale.....	8
I.6.4 : Purification de l'eau.....	8
I.6.5 : Autres utilisation.....	8
Chapitre II : Généralités sur le yaourt	
II.1 : Définition.....	9
II.2 : Composition chimique d'un yaourt.....	9
II.3 : Bactéries spécifique du yaourt.....	9
II.3.1 : <i>Streptococcus thermophilus</i>	10
II.3.2 : <i>Lactobacilles bulgaricus</i>	10
II.4 : Le rôle des ferments lactiques.....	11
II.4.1 : Production de l'acide lactique.....	11
II.4.2 : Production des composants aromatiques	11
II.4.3 : Activité protéolytique.....	12

II.4.4 : Production d'agents texturants.....	12
II.5 : Les types de yaourt.....	12
II.6 : Technologie du yaourt.....	13
II.7 : Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt	14
II.7.1 : Intérêts nutritionnels.....	14
II.7.2 : Intérêts thérapeutiques.....	14
Chapitre III : Les antioxydants et activité biologiques	
III.1 : Les antioxydants.....	16
III.2 : Classification des antioxydants.....	16
III.2.1 : Les antioxydants enzymatiques.....	16
III.2.2 : Les antioxydants non enzymatiques	16
III.3 : Les composants phénoliques comme antioxydants	17
III.3.1 : Définition.....	17
III.3.2 : Classification des composés phénoliques.....	17
III.3.3 : Quelques activités biologiques des poly phénols.....	18
III.3.4 : Mécanisme d'action des poly phénols	19

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

I.1. Origine et provenance de l'échantillon.....	20
I.2. Préparation de l'échantillon.....	20
I.2.1. Le triage	20
I.2.2. Le séchage des feuilles à l'aide de micro-onde.....	20
I.2.3. Broyage et tamisage.....	20
I.3. Les propriétés fonctionnelles de la poudre.....	21
I.3.1. Capacité de rétention d'eau et d'huile (CRE et CRH)	21

I.3.2. La capacité de gélification	22
I.3.3. Solubilité et gonflement	22
I.3.4. La capacité émulsifiante	23
I.4. L`analyse physico-chimique des poudres	23
I.4.1. Mesure de pH	23
I.4.2. Mesure de l`acidité	23
I.4.3. Humidité	24
I.4.4. Densité apparente (D°).....	24
I.4.5. Brix.....	25
I.5. Préparation du yaourt	25
I.6. Analyse physico-chimique du yaourt	26
I.6.1. Mesure du pH	26
I.6.2. Mesure de la synérèse	26
I.6.3. Mesure de l`acidité titrable	27
I.6.4. Le Brix	27
I.6.6. La densité (D°)	27
I.6.7. La matière sèche	27
I.6.8. Détermination du taux de cendres brutes.....	27
I.7. Extraction et Dosage des glucides totaux	28
I.8. Extraction et dosage des composés phénoliques	29
I.8.1. L`extraction	29
I.8.2. Dosage des phénols totaux solubles par la méthode (Folin Ciocalteu)	30
I.8.3. Dosage des flavonoïdes	30

I.8.4. Dosage des tanins condensés	31
I.9. Activité antioxydant	32
I.9.1. La chélation du fer ferreux	32
I.9.2. Le test de blanchiment de B-carotène	32
I.9.3. Pouvoir réducteur	33
I.10. Activité antiinflammatoire.....	35
I.11. Analyses microbiologiques.....	37
I.12. Analyse sensorielle	37
I.13. Analyses statistique.....	37
II. Résultats et discussion :	
II.1. Propriété fonctionnelle de la poudre.....	39
II.1.1. La capacité de rétention d'eau (CRE).....	39
II.1.2. La capacité de rétention de l'huile (CRH).....	39
II.1.3. La capacité de gélification.....	40
II.1.4. Solubilité et gonflement.....	40
II.1.5. Capacité émulsifiante.....	41
II.2. Les paramètres physico-chimiques de la poudre.....	42
II.3. Les paramètres physico-chimiques du yaourt.....	44
II.4. Les glucides.....	45
II.5. Les paramètres fermentaires des yaourts préparés	46
II.5.1. Le pH des yaourts au cours du stockage.....	46
II.5.2. L'acidité des yaourts au cours du stockage.....	47
II.5.3. Le taux de synérèse au cours du stockage.....	47
II.6. Les composés phénoliques	48

II.6.1.Polyphénols totaux.....	48
II.6.2.Les flavonoïdes.....	48
II.6.3.Teneur en tanins condensés.....	49
II.7. L`activité anti oxydant	50
II.7.1.Chélation du fer ferreux.....	50
II.7.2.Test de blanchissement du β -carotène.....	51
II.7.3. Pouvoir réducteur	52
II.8. Activité antiinflammatoire.....	55
II.9. Analyses microbiologiques des yaourts étudiés.....	57
II.10.Analyse sensorielle.....	58
II.10.1.Caractérisation des produits.....	58
II.10.2.Pouvoir discriminant par descripteur.....	58
II.10.3. Moyennes ajustées par produit.....	59
II.10.4.Analyse des composantes principales (ACP).....	60
II.10.5.La synthèse de mapping préférence.....	61
II.10.6.Cartographie des préférences.....	62
III. Discussion générale.....	63
Conclusion.....	66

Introduction

Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans l'alimentation humaine, il se prête à de très nombreuses transformations et donne naissance à une multitude de produits laitiers qui sont au cœur de notre alimentation (**Vilain, 2010**).

Le yaourt est un produit laitier populaire, fabriqué à partir de la fermentation lactique du lait. Il s'agit d'un produit souple qui fournit de quantités importantes de substances nutritives (**Bruzzone et al., 2013**), il est apprécié pour son goût et sa texture. C'est un produit consommé la plupart du temps comme dessert, il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lactose.

L'évolution actuelle du marché des produits alimentaires incite l'industrie à élaborer de nouveaux produits (**Fizman et al., 1999**). Parmi ces produits, les yaourts incorporés de morceaux de fruits (fraise, pêche, abricot, cerise, etc.).

A partir de cette idée que s'inscrit notre travail qui vise à élaborer un yaourt incorporé de la poudre de *Moringa Oleifera*. Une plante peu connue de point de vue nutritionnel et industriel par la population algérienne.

Moringa oleifera (l'arbre miracle) appartenant à la famille des Moringaceae. Largement répandues dans les régions méditerranéennes, sud-ouest de l'Asie et d'Amérique (**Olson et Carlquist, 2001**). C'est une bonne source d'antioxydants naturels en raison de la présence de divers types de composés antioxydants tels que l'acide ascorbique, flavonoïdes, phénoliques (**Makkar et Becker, 1997**). Et des quantités importantes de vitamines tels que la vitamine C (**Alarcao-E-Silva et al., 2001**).

Cette étude est divisée en deux parties, la première concerne une synthèse bibliographique mettant l'accent sur la plante étudiée (*Moringa Oleifera*), le yaourt et sur les antioxydants et les activités biologiques. La seconde consiste à une étude expérimentale visant tout d'abord à l'étude des caractéristiques physico-chimiques, et propriétés fonctionnelles de la poudre, traité au micro-onde à différentes longueurs d'onde (100, 300, 500, 700, 900 W) et non traité. En parallèle, élaboration de yaourt brassé, et détermination des paramètres physico-chimiques et fermentaires des différents yaourts préparés aux cours de stockage, des analyses microbiologiques et sensorielles ont été effectuées sur les mêmes yaourts, également évaluation de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire des extraits phénoliques des yaourts préparés.

Chapitre I : Généralités sur *Moringa Oleifera*

I.1. Origine et distribution de *Moringa Oleifera*

Moringa Oleifera, cultivé dans toutes les régions tropicales, notamment en Afrique, Cet arbre très résistant à la sécheresse , se trouve au niveau des zones très arides comme le Sahara ;mais elle préfères climats semi tropicaux humides (**Foidl et al .,2001**) elle se trouve au tour de la mer rouge ,de la mer morte au Kenya ,Namibie ,Angola , ainsi qu' en Asie sous-continent indien :Pakistan , Inde et Bangladesh (**Olsen,2001**).

Cet arbre passé en une décennie du statut de plante inconnue à celui de nouvelle ressource alimentaire et économique pour les pays (**Atakpama et al., 2014**),cette espèce suscite plus d'intérêts auprès de ONG, des scientifique et même des entrepreneurs (**Olsen et CP Carlquist 2001 ;De saint Sauveur et Brain 2006**). Appelé aussi arbre de vie ou arbre du paradis (**Irénée Modeste Bidima,2016**).

I.2.Systématique, nomenclature et description botanique

Moringa Oleifera souvent appelé Moringa, Surnommé «l'arbre miracle », est une véritable merveille de la nature. Cet arbre à croissance rapide, qui fait moins de 10 mètres de haut, met à la disposition de l'Homme tous ses composants. appartient à la famille monogénérique des arbustes et arbres des Moringaceae (Tableau I) qui comprend 13 espèces dont Moringa est la plus connue (**Foidl et al., 2001**). Les douze autres espèces sont bien connues : *M. arborea*, *M. borziana*, *M. concanensis*, *M.drouhardii*, *M. hildebrandtii*, *M.loongituba*, *M. ovalifolia*, *M. peregrina*, *M. pygmaea*, *M. rivaie*, *M. ruspoliana*, *M.stenopetala* (**Hédji et al., 2014**). *Moringa oleifera* Lam est l'espèce la plus largement connue et utilisée (**Morton, 1991**).

Tableau I : Classification systématique du *Moringa oleifera* (Laleye *et al.*, 2015).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Division	Magnoliopyte
Genre	Moringa
Espèce	oleifera

Moringa oleifera est un arbre connu sous diverses appellations dans le monde (tableau II).

Tableau II : Différentes nomenclatures de *Moringa oleifera* selon différentes langues (Fuglie, 2001 ; Yongabi *et al.*, 2012).

Langue	Nomenclature
Français	Bèn ailè, benzolive, moringa
Anglais	Drumstick tree, radish tree
allemand	Behenbaum, behenusbaum
Italien	Sàndalo ceruleo
Portugais	Acàcia branca, marungo
Espagnol	Morango, moringa
Inde	Sajna, munaga, segra, shigru
Brésil	Cedra
Arabe	Rawag, ou Shagara Al Ruwag

I.3. Caractéristiques écologiques de *Moringa oleifera* :

Selon De Saint Sauveur et Broin (2010) *Moringa oleifera* a une grande adaptation à des milieux très diversifiés (Tableau III).

Tableau III: Principales exigences écologiques de *Moringa oleifera* (De Saint Sauveur et Broin, 2010).

Paramètre	Valeur/Fourchette
Climat	Tropical ou subtropical
Altitude	0-2000 m
Température	25 et 35 ° C, pouvant tolérer momentanément jusqu'à 48 ° C
Pluviométrie	250mm et 2000 mm Irrigation nécessaire pour la production de feuilles si pluviométrie < 800 mm
Type de sol	Limoneux, sableux ou sablo-limoneux
pH du sol	5,0 et 9,0

I.4. Morphologie :

Tableau IV : Les différentes formes végétatives de l'arbre *Moringa oleifera*

Différentes formes Végétatives	Morphologie (Aspect)	Description
Feuilles	 (www.moringanews.org)) (Olson, 2001).	feuilles alternées, composées bipennées ou tripennées (Panchal et al., 2011) se développent principalement dans la partie terminale des branches, 3 à 6 cm long avec 2 à 6 paires de pinnules.
Fruit	 (www.moringanews.org)	Les fruits sont faits de gousses linéaires qui peuvent atteindre environ 20 cm de longueur mais de temps en temps jusqu'à 1 m ou plus. Ils sont vert-foncé elles prennent la couleur brune à sa maturité
Fleurs	 (Fahey, 2005)	généralement abondantes et dégagent une odeur agréable. Elles sont blanches ou couleur crème, avec des points jaunes à la base. Les sépales, au nombre de cinq, sont symétriques et lancéolés (Foidl et al., 2001)
Graines	 (Fahey, 2005)	Les graines sont rondes avec une coque semi-perméable et brunâtre varie de 130 à 320 mg en fonction des régions, avec trois ailes semblables au papier blanchâtres sur les angles (Panchal et al., 2010).
Tronc	 Fahey, 2005)	Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il atteint 1,5 à 2 mètres de haut avant de se ramifier, bien qu'il puisse parfois atteindre les 3 mètres. (Foidl et al., 2001)
Racines		Le système racinaire de structure tubulaire, est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer dans le sol jusqu'à 1,30 mètre de profondeur lui offrant ainsi une grande résistance à la sécheresse.

I.5. Valeur nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera* :

Les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines A et C, un complexe de vitamine B, du fer, du calcium, du cuivre, des protéines, du zinc, des acides aminés. Elles sont exceptionnellement riches en provitamine A, en vitamines du groupe B et C, en minéraux et en acides aminés (Tableau V).

Tableau V : composition biochimiques des feuilles de *Moringa oleifera* (Fuglie, 2002)

Composition Globale	Feuilles fraîches	Feuilles sèches
Carotène (Vit. A)*	6,78 mg	18,9 mg
Thiamine (B1)	0.06 mg	2.64 mg
Riboflavine (B2)	0.05 mg	20.5 mg
Niacine (B3)	0.8 mg	8.2 mg
Vitamine C	220 mg	17.3 mg
Calcium	440 mg	2003 mg
Calories	92 cal	205 cal
Glucides	13.4 g	38.2 g
Cuivre	0.07 mg	0.57 mg
Lipides	1.70 g	2.3 g
Fibres	0.90 g	19.2 g
Fer	0.85 mg	28.2 mg
Magnésium	42 mg	368 mg
Phosphore	70 mg	204 mg
Potassium	259 mg	1.324 mg
Protéines	6.70 g	27.1 g
Zinc	0.16 mg	3.2 mg

La comparaison entre le contenu nutritionnel du *Moringa oleifera* et celui des autres aliments montre que le MO est de haute valeur sur le plan nutritionnel. Ce sont Généralement des différences énormes (Figure 01).



Figure 01: Valeur nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera* (Fahey, 2005).

I.6. Domain d'utilisation de *Moringa oleifera* :

Moringa oleifera est un arbre très nutritif ayant de nombreuses utilisations possibles pour contribuer à une bonne santé, toutes les parties de cette plante peuvent être utilisés

I.6.1. Alimentation Humain :

Toutes les parties de *Moringa oleifera* se consomment (fruits, graines, feuilles, fleurs, racines), mais de façons différentes selon les pays et les régions, les feuilles peuvent se consommer fraîches ou en poudre (Broin, 2005). MO a deux utilisations principales dans la vie quotidienne des populations, celle de la nutrition à travers la préparation des feuilles comme sauce et celle du traitement des maladies par la fabrication des médicaments en pharmacopée traditionnelle, car ces feuilles auraient une valeur nutritive extrêmement importante pour les personnes de tout âge. Et la consommation des feuilles de MO devrait être promue pour l'alimentation humaine afin d'améliorer l'état nutritionnel et les fonctions immunitaires (Ndong *et al.*, 2007 ; Tete–Benissan *et al.*, 2012).



Figure N°02 : Poudre de feuilles de *Moringa* ajoutée à un plat (Fahey,2005)

I.6.2. Lutte contre la malnutrition :

Selon **Saint Sauveur et Broin (2006)**, les feuilles de Moringa sont maintenant utilisées dans certains programmes de lutte contre la malnutrition en particulier au Sénégal, en Inde, au Bénin et au Zimbabwe, en raison de leurs qualités Nutritionnelles exceptionnelles. Selon **FAO (2009)**, plus de 25 000 personnes meurent chaque jour de sous-alimentation et plus de 800 millions en souffrent chroniquement. Moringa empêche la malnutrition et apporte des solutions a des maladies qui y sont liées telles-que la cécité infantile, les os cassants, il reconstruit et enrichit le sang anémique (**Agroconsult ,2016**) pour cela les populations incluent les feuilles de *Moringa oleifera* dans la formulation de la poudre infantile à base de ces feuilles comme complément alimentaire des nourrissons (**Madi et al ., 2012**).

I.6.3. Utilisation médicinale :

En plus de ses propriétés nutritionnelles *Moringa oleifera* possède un intérêt médical et pour cela elle est surnommé dans beaucoup de société comme : « arbre miracle » qui soigne environ 300 maladies, vue sa richesse en plusieurs composants (**Goyal et al ., 2007**). Toutes les parties (feuilles, fleurs, fruits, écorces et racines) de *Moringa oleifera* ont de vertus médicinale notamment dans le traitement des maladies inflammatoires et infectieuses (**Ferreira et al., 2007**), qui est confirmées par des travaux et des études expérimentales dans les différents pays africains, asiatiques et panaméricains (**Kooltheat et al., 2014**),

Les extraits de *Moringa oleifera* ont des propriétés anti tumorales, anti-inflammatoires, antibactériennes, également des propriétés neuro protectrices visant à améliorer le fonctionnement du cerveau, au niveau de la mémoire et des fonctions cognitives en cas de maladie d'Alzheimer (**Tahiliani et Kar,2000; Siddhuraju et Becker, 2003; Ferreira et al., 2007; Sengupta et al., 2012**).

La richesse en acides gras du Moringa : agissent de façon préventive contre les maladies cardiovasculaires, en évitant le syndrome métabolique conduisant à l'obésité. Ils ont aussi une action de diminution du glucose sanguin, particulièrement intéressant pour les personnes à tendance diabétique (**Kumari, 2010; Giridhari et al., 2011**)

I.6.4. Purification de l'eau :

Selon **Foidl et al., (2001)** la poudre des graines de *Moringa oleifera* constitue un flocculant naturel qui peut clarifier les eaux troubles, dissipant de ce fait 99% des matières colloïdales. Il a démontré également que ce mélange de graines constitue un coagulant de premier ordre pour le traitement des eaux des rivières possédant un haut niveau de matériel

solide en suspension, grâce à sa richesse en poly-électrolytes cationiques actifs (**Poumaye et al., 2012**).

I.6.5. Autres utilisations :

Moringa Oleifera possède d'autres pouvoirs ; ses graines sont utilisées pour purifier le lait et le miel. MO est aussi employé comme une barrière de phase et coupe-vent (**Morton, 1991**). Et peut être utilisé comme un engrais pour activer la croissance des arbres et les rendements des plantes (**Panda et al., 2008**).

Grâce à ces propriétés l'huile de *Moringa* peut être utilisée comme huile végétale comestible et huile de cuisson, comme huile de qualité dans l'industrie cosmétique et de parfums (**Foidl et al., 2001**).

Chapitre II : Généralités sur le yaourt

II.1. Définition

Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (FAO, 1975). Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance (Vignola, 2010). La teneur en ferments viables à la commercialisation doit être supérieure à 10^7 germes/g de produit (Burillard *et al.*, 2016). Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6°C pour que les bactéries lactiques restent vivantes (Luquet et Carrieu, 2005).

II.2. Composition chimique d'un yaourt

La composition nutritionnelle des laits fermentés, est très variable et dépend essentiellement du taux de matières grasses du lait utilisé, et des ingrédients ajoutés au moment de la fabrication. La composition chimique d'un pot de yaourt est présentée dans le tableau (Schuck, Mahaut *et al.* 2000).

Tableau VI : Composition physicochimique du yaourt (Schuck, Mahaut *et al.*, 2000)

Composition	Teneur
Eau	80 - 88.4%
Glucides	4 - 4,66 %
Protéines	3,47 – 4%
Lipides	1,1 – 4%
Calcium	155-200 mg
Phosphore	95 mg
Vitamines	vitA : 27 µg, vitB2 : 0,142 mg, vitB12: 0,37 µg

II.3. Bactéries spécifiques du yaourt

Deux bactéries sont nécessaires pour pouvoir appeler un lait fermenté un yaourt, ce sont *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbureckii subsp bulgaricus*.

II.3.1. *Streptococcus thermophilus*

S. thermophilus est l'une des bactéries lactiques thermophiles, largement employée en tant que levain dans la fabrication de certains produits laitiers fermentés tel que le yaourt (Hols *et al.*, 2005 ; Delorme, 2008). Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique (Panesar *et al.*, 2007) et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composé de galactose, glucose, ainsi que des petites quantités de rhamnose, arabinose, et de mannose) (Bergamaier, 2002).

II.3.2. *Lactobacilles bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus est une bactérie lactique homofermentaire capable de produire 1,4 à 1.6% d'acide lactique (Classeau, 2010), qui se développant bien à 45-50 °C en acidifiant fortement le milieu. Cette bactérie à un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiénique du yaourt (Marty-Teyssset *et al.*, 2000). Elle fermente le glucose, le galactose, le lactose et le fructose, et est responsable de la production d'acétaldéhyde (composé aromatique du yaourt par transformation de la thréonine) (Classeau, 2010).

II.4. Le rôle des ferments lactiques

Streptococcus thermophilus et *Lactobacillus bulgaricus* sont des bactéries homofermentaires à plusieurs rôles :

II.4.1. Production de l'acide lactique

C'est la fonction principale des bactéries lactiques. L'acide lactique est un acide organique qui permet de conserver et de concentrer la matière sèche du lait, il déstabilise les micelles de caséines, ce qui mène à la formation du gel (Sodini et Beal, 2012). Il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt et donne au yaourt son goût distinct et caractéristique (Schmidt *et al.*, 1994).

II.4.2. Production des composants aromatiques

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et de l'arôme du yaourt tels que le diacétyl, l'acétaldéhyde et l'acétone (**Lamontagne et al., 2002**). C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés dans une fermentation de type hétéro fermentaire. Parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé, c'est l'acétaldéhyde qui a été identifié comme le plus important des composés carbonyliques qui contribuent à l'arôme typique du yaourt (**Enel et al; 2011**).

II.4.3. 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 plusieurs types d'enzymes : des endopeptidases associées aux enveloppes cellulaires et des exopeptidases liées aux parois, et un équipement intracellulaire comportant lui aussi des amino-peptidases (**Lamontagne et al., 2002**).

II.4.4. Production d'agents texturants

Les propriétés texturantes des bactéries lactiques sont principalement utilisées pour améliorer les qualités organoleptiques des produits laitiers frais fermentés. Certaines souches bactériennes produisent, à partir du glucose, des polysaccharides qui en formant des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt (**Schmidt et al., 1994**). La présence des polysaccharides a pour effet de réduire la synérèse lors du stockage au froid des produits laitiers fermentés (**Georges et Luquet, 2008**).

II.5. Les types de yaourt

Le yaourt se diffère selon plusieurs critères : selon la technologie de fabrication, la teneur en matière grasse, les ingrédients additionnés.

- Selon la technologie de fabrication :
 - ✓ Les yaourts fermes dont la fermentation a eu lieu en pots, se sont généralement les yaourts nature et aromatisé.

- ✓ Le yaourt brassé dont la fermentation a eu lieu en cuve avant brassage et conditionnement. C'est le cas de yaourt veloutés nature ou aux fruits (**Mahaut et al ; 2000**).
- Selon la teneur en matière grasse :
 - ✓ yaourt entier : 3% de matière grasse en poids.
 - ✓ yaourt partiellement écrémé : moins de 3% et plus de 0.5% de matière grasse.
 - ✓ yaourt écrémé : au maximum 0.5% de matière grasse (**Gosta ;1995**).
- Selon les ingrédients additionnés :
 - ✓ Yaourt aromatisé : addition d'arôme.
 - ✓ Yaourt fruité : addition de fruit.
 - ✓ Yaourt light : addition d'édulcorant (**Mahaut et al ;2000**).

II.6. Technologie du yaourt

Le diagramme de fabrication du yaourt diffère selon le type de produit (Yaourt ferme ou brassé) et présente des variantes selon le taux de matière grasse, les arômes ajoutés...etc. Les principales étapes de fabrication sont illustrées dans le diagramme de la figure 03

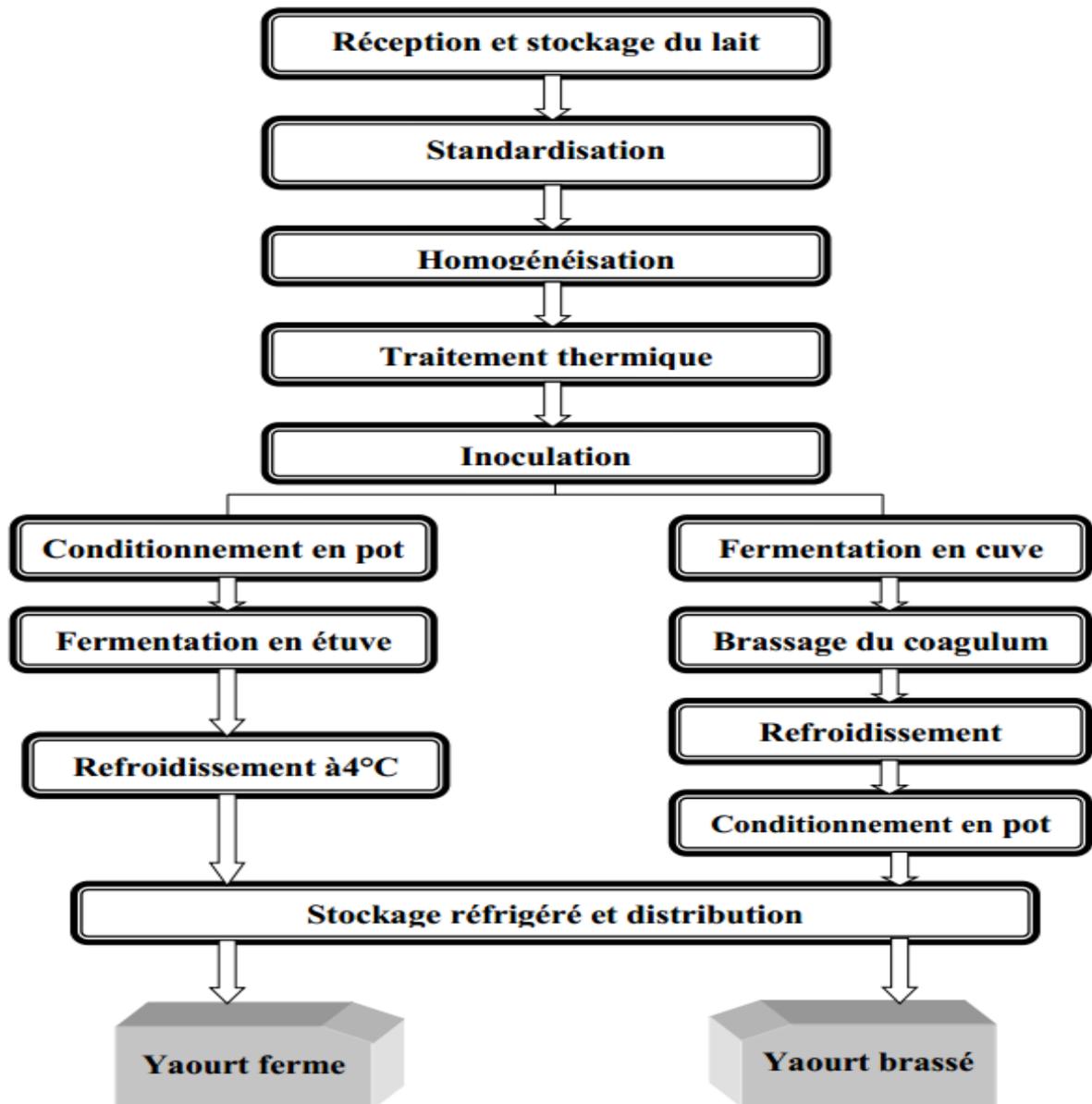


Figure03 : Diagramme de fabrication des deux types de yaourt d'après (Syndifrais, 2011).

II.7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

II.7.1. Intérêts nutritionnels

En plus de l'appréciation du yaourt pour son goût et sa texture, il est aussi apprécié pour sa valeur nutritionnelle importante. Un pot de yaourt nature possède la même valeur

nutritive qu'un verre de lait (Jeant *et al.*, 2008). Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleures valeurs nutritionnelles et thérapeutiques (Serra *et al.*, 2009; Sodini et Béal, 2012) à savoir :

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

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une assimilation du lactose par les sujets déficients en lactase. Selon Luzzana, Agnellini *et al.* (2003) la consommation du yaourt peut atténuer l'intolérance au lactose.

❖ **Amélioration de la digestibilité des protéines**

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait avant fermentation et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Le traitement thermique et la production d'acide entraînent une coagulation plus fine de la caséine, ce qui peut également contribuer à la plus grande digestibilité des protéines du yaourt (Adolfsson, Meydani *et al.* 2004).

❖ **Amélioration de la digestibilité de la matière grasse**

Bien que l'activité lipolytique soit peu élevée, on constate une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans un yaourt (Loones ; 1994).

II.7.2. Intérêts thérapeutiques

Outre les qualités nutritionnelles et organoleptiques, les yaourts peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Ces effets dépendent à la fois des souches utilisées et des métabolites produits (Xanthopoulos *et al.*, 2001). Le tableau VII récapitule les propriétés thérapeutiques du yaourt

Tableau VII : les propriétés thérapeutiques du yaourt

Cible	Propriétés thérapeutiques
Le système immunitaire	L'effet immuno-régulateur du yaourt a pu être démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons, d'immunoglobulines et dans l'activation des lymphocytes B est attribué à <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (Jeantet <i>et al.</i> , 2008).
Le système cardio-vasculaire	Des tests in vitro ont démontré une réduction du taux de cholestérol dans un milieu de culture avec <i>Lactobacillus bulgaricus</i> . Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer ce fait, comme l'assimilation du cholestérol par les bactéries (Izquierdo-Alegre, 2009).
Le tube digestif	Le yaourt a également un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. Des études anciennes ont démontré l'intérêt de yaourt sur les traitements des diarrhées infantiles (Mahaut <i>et al.</i> , 2000; Shah 2017).
Système hépatique	Des études récentes ont suggérées que les probiotiques présents dans le yaourt peuvent avoir des effets bénéfiques sur le traitement et la prévention des NAFLD (Non-Alcoholic Fatty Liver Disease) et autres complications hépatiques en raison de leurs capacités à augmenter la fonction de la barrière intestinale (Nabavi, Rafrat <i>et al.</i> 2014).
Sur le métabolisme général	Favorise une bonne gestion du poids : augmente les taux d'hormones de réduction de l'appétit, réduire l'incidence de l'obésité.

Chapitres III. Les antioxydants et activités biologiques

III.1. Les antioxydants

L'organisme possède des systèmes de défense très efficaces qui, d'une manière générale servent à contrôler le niveau des espèces réactives pour minimiser les dommages oxydatifs, appelés antioxydants (**Tang et Halliwell, 2010**). Un antioxydant peut être défini comme toute substance qui, lorsqu'elle est présente en faible concentration comparée à celle du substrat oxydable, retarde ou prévient de manière significative l'oxydation de ce substrat. Les antioxydants sont donc des régulateurs du taux de pro-oxydants dans l'organisme (**Berger, 2006**).

II.2. Classification des antioxydants

L'organisme possède des systèmes de défense très efficace, de deux types :

II.2.1. les antioxydants enzymatiques : Il s'agit principalement de trois enzymes ; la catalase, glutathion peroxydase (GSH), et la superoxyde dismutase (SOD) (**Albrecht, 1994 ; Zelko et al., 2002 ; HADI, 2004**).

II.2.2. les antioxydants non enzymatiques : Ces antioxydants sont d'autant plus importants que certains peuvent être utilisés en thérapeutique pour tenter de prévenir le stress oxydatif (**Parihar et al., 2008**). Le tableau (XIII) résume les antioxydants non enzymatiques.

Tableau XIII: Principaux antioxydants non enzymatiques et sources alimentaires associées (**Koechlin-Ramonatsco, 2006**).

Principaux nutriments antioxydants	Sources alimentaires
Vitamine C	Agrumes, melon, fraise, kiwi, chou, poivron, brocoli
Vitamine E	Huile de tournesol, de soja, de maïs, œufs, noix
B-carotène	Légumes et fruits orangés et vert foncés
Flavonoïdes	Fruits, légumes, thé vert
Acides phénoliques	Céréales, baies, cerises
Tanins	Lentilles, thé, raisins, vin

III.3. Les composés phénoliques comme antioxydants

III.3.1. Définition

Les polyphénols sont des molécules synthétisées par les végétaux lors du métabolisme secondaire pour se défendre contre les agressions environnementales. Ils regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, et un ou plusieurs groupes hydroxyles, en plus d'autres constituants (**Bruneton, 1993**). Les polyphénols sont les antioxydants naturels les plus abondants dans notre alimentation. Ils sont principalement apportés par les fruits et légumes, les céréales, le thé et le café (**Orzechowski et al., 2002**).

III.3.2. Classification des composés phénoliques

Ils peuvent être réparties en plusieurs classes qui se différencient par : le nombre des Atomes et leur arrangement, la nature du squelette de base, par le degré de modification de ce squelette, (**Macheix et al., 2006**). Et parmi ses composants on a :

III.3.2.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques, ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols. Ils regroupent deux classes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (**Skerget et al., 2005; Macheix et al., 2006**).

III.3.2.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes (du latin flavus : jaune) constituent un groupe de plus de 6000 molécules naturelles qui sont quasiment universelles chez les plantes (**Basli et al., 2012**). Ils sont considérés comme des pigments quasi universels car ils sont responsables des colorations jaunes, orange et rouges des organes végétaux (**Atanasova et Ribarova, 2009**). Selon les détails structuraux, les flavonoïdes se divisent en 6 groupes : flavones, flavonols, flavonones, isoflavones, chalcones et auronnes. Ces composés existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, c'est à-dire liée à des oses et autres substances (**Heller et Forkmann 1993**).

III.3.2.3. Les tannins

Les tannins sont des composés phénoliques de structure large et variée ayant une masse moléculaire élevée allant de 500 à 3000 Dalton (**Guignard, 2000**). En plus des propriétés classiques des polyphénols, les tannins sont capables de former des complexes avec les protéines et avec d'autres polymères organiques tels que les glucides, les acides nucléiques, les stéroïdes et les alcaloïdes (**Zhu et al., 1997**). On distingue deux grands

groupes de tanins, différents à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition: les tanins hydrolysables et les tanins condensés (**Cai *et al.*, 2004**):

- ❖ **Les tannins hydrolysables :** Ils sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique en fragments simples (acides phénols et sucres). Ils libèrent alors une partie phénolique qui peut être un acide gallique, c'est le cas des gallotannins ou un dimère de ce même acide, l'acide ellagique, c'est le cas de tannins ellagique et une partie non phénolique souvent du glucose ou de l'acide quinique (**Macheix *et al.*, 2006**).
- ❖ **Tannins condensés ou proanthocyanidines :** qui se différencient fondamentalement des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes (**Bruneton, 1999**). sont des polymères d'unités de flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, sont non hydrolysables, mais peuvent être oxydés par les acides forts libérant des anthocyanidines (**Hopkins, 2003**).

III.3.3. Quelques activités biologiques des polyphénols

La consommation d'aliments riches en polyphénols réduit le développement de nombreuses pathologies, telles que le cancer, l'ischémie cardiaque, l'athérosclérose et l'hypertension. Cela peut-être expliqué par le fait que ces composés ont la capacité de modifier de nombreux facteurs impliqués dans la genèse de ces maladies (**Martin et Andriantsitohaina, 2002**).

Tableaux IX : Activités biologiques des composés phénoliques.

Polyphénols	Activités	Référence
Acides phénols	<ul style="list-style-type: none"> - Activité antioxydante - Antiagrégants plaquettaires - Anti-allergènes 	(Motamed et Texier, 1999). (Martin et Andriantsitohaina, 2002)
Coumarines	<ul style="list-style-type: none"> - Neurosédatives - Diurétiques - Activité antioxydant 	(Motamed et Texier, 1999)
Tanins	<ul style="list-style-type: none"> - Anti-nutriments - Anti-diarrhéiques - Antioxydant 	(Bruneton, 2009)

III.3.4. Mécanisme d'action des polyphénols

Plusieurs modes d'action de l'activité anti-oxydante des polyphénols ont été décrits :

- **Piégeage des radicaux libres**

Les composés phénoliques sont des molécules capables d'interrompre la chaîne autocatalytique de l'oxydation en bloquant les radicaux lipidiques $R\cdot$ et $ROO\cdot$ par transfert d'un atome d'hydrogène $H\cdot$ pour reformer RH et $ROOH$ (De Reynal et Multon, 2009). les flavonoïdes (Fl-OH) sont, thermodynamiquement capables de réduire les radicaux libres oxydants comme le superoxyde, le peroxyde et l'hydroxyle par transfert d'hydrogène (Van Acker *et al.*, 1996).

- **Chélation des ions métalliques**

Les Chélateurs de métaux de transition tels que le cuivre et le fer peuvent prévenir l'oxydation en formant des complexes ou des composés de coordination avec les métaux. Ils inhibent ainsi le cycle redox du métal ou forment des complexes métalliques insolubles (Cillard et Cillard, 2006). Les flavonoïdes sont considérés comme de bons chélateurs de ces ions métalliques grâce à leur structure chimique qui contient des sites essentiels pour la chélation de ces ions (Marfak, 2003).

- **Inhibition des enzymes génératrices des radicaux libres**

Quelques flavonoïdes sont aussi de forts inhibiteurs de certaines enzymes métaboliques qui génèrent des produits de radicaux libres telle que la cyclooxygénase, la lipoxygénase, la monoamine oxydase, la XO et l'oxyde nitrique synthase inductible (**Le et al., 2007**).

I. Matériel et méthodes

I.1. Origine et provenance de l'échantillon

L'échantillon (Feuilles de *Moringa oleifera* Lamark) utilisés au cours de ce travail provient de l'Est de l'Algérie (Wilaya de Jijel) ; les feuilles ont été récoltées en Mars 2019.

I.2. Préparation de l'échantillon

2.1. Le triage

Les feuilles de *Moringa oleifera* sèches ont été triées afin d'éliminer les feuilles jaune indésirable, les tiges et les impuretés.

I.2.2. Le séchage des feuilles à l'aide de micro-onde

Une masse de 35g de feuilles de *Moringa oleifera* a été étalé sur un verre de montre, puis porté sur la plaque tournante du micro- onde, des pesées ont été effectuées d'une façon équidistante jusqu'à l'obtention d'une masse constante, l'opération a été arrêtée. Ce processus a été adopté pour différentes puissances (100, 300, 500, 700 et 900 W).

I.2.3. Broyage et tamisage

Les feuilles ont été broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre très fine, cette poudre a subit un tamisage pour obtenir une poudre dont la taille des particules est inférieure à 0,32 mm. La poudre obtenue est conservé dans des flacons en verre à l'abri de la lumière pour éviter toute altération de l'échantillon.

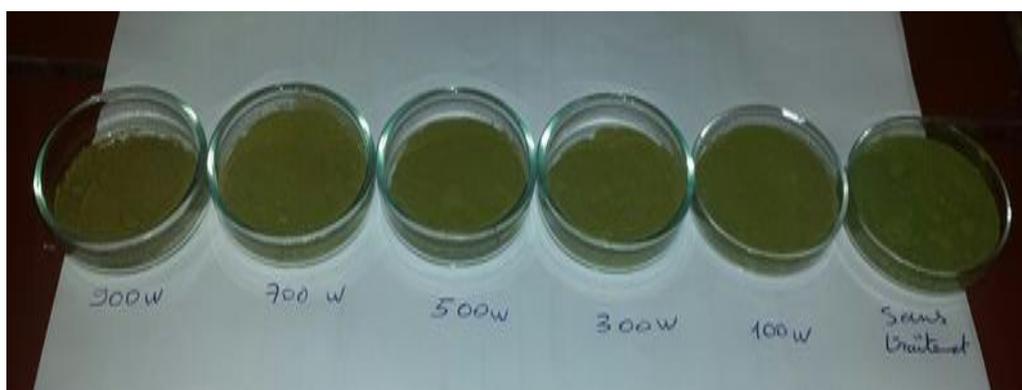


Figure N°04 : les différentes poudres de *Moringa* traitées et non traitées.

I.3. Les propriétés fonctionnelles de la poudre

I.3.1. Capacité de rétention d'eau et d'huile (CRE et CRH)

C'est l'aptitude d'un aliment à retenir l'eau ou l'huile. La méthode impliquée est celle d'Elkhalifa et Bernhardt(2010).

La CRE est très dépendante de la composition, nature et teneur en protéines, fibres et amidon. (Singh 2011, Tiwari et Cummins 2011, Vioque *et al.* 2012). Son mécanisme consiste à la fixation des molécules d'eau par les groupements hydrophiles des biopolymères (protéines, fibres et amidon).

Selon (Benítez *et al.* 2013) le mécanisme de la CRH implique l'adsorption de l'huile sur le groupement apolaire des fibres alimentaires, d'amidon et des acides aminés des chaînes protéiques.

Mode opératoire

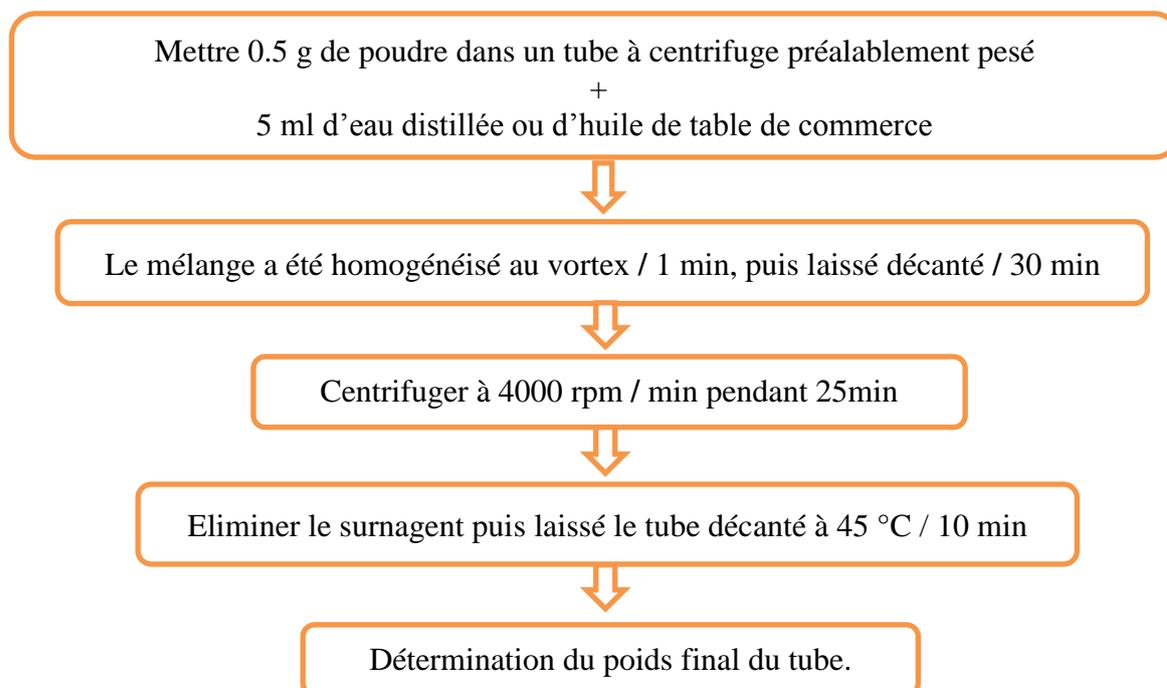


Figure N° 05 : Protocole de détermination de la CRE/CRH (AbdElmoneim et Rita, 2010).

Le poids final du tube a été déterminé et la quantité d'eau ou de l'huile retenue est déduite par la différence de poids.

La CRE et CRH sont exprimées en (g d'ech / 100g MS) selon la formule suivante :

$$\text{CRE ou CRH} = \frac{F-I}{Pe}$$

Où :

- **F**: poids du tube + culot;
- **I**: poids du tube + la poudre;
- **Pe**: prise d'essai.

I.3.2. La capacité de gélification

Selon la méthode décrite par (**Chau et Cheung (1998)**), la capacité de gélification est déterminée par la concentration minimale gélifiante (CMG) des poudres.

Mode opératoire

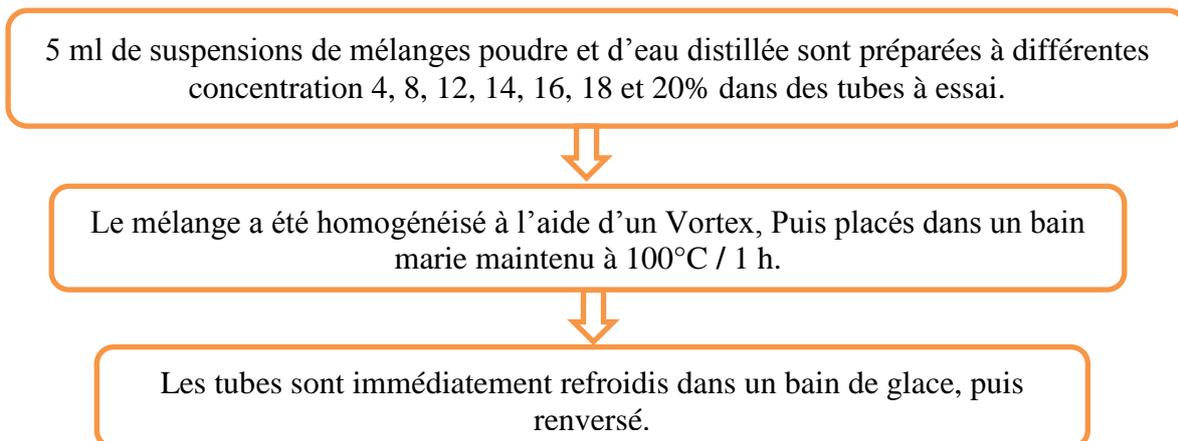


Figure N° 06 : Protocole de détermination de la capacité gélifiante selon (**Chau et Cheung, 1998**).

La CMG (%) correspond à la concentration minimale de la suspension qui permet la formation d'un gel ferme (gel qui ne coule pas lorsque le tube est renversé).

I.3.3. Solubilité et gonflement

L'indice de solubilité a été déterminées par le protocole cité par (**JU et al., 2012**).

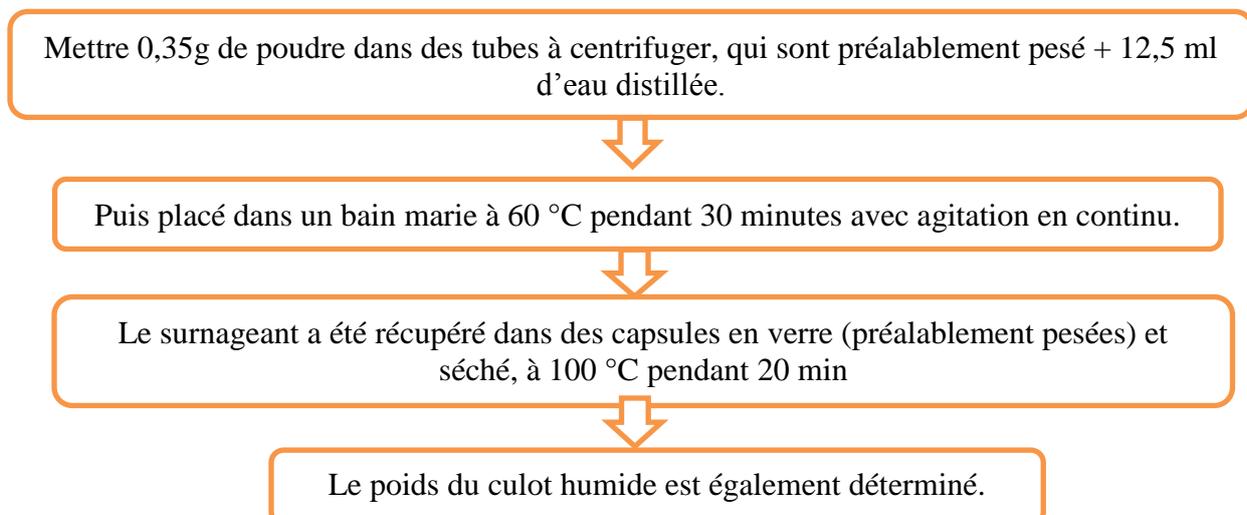


Figure N° 07 : protocole de détermination de la solubilité selon (**JU et al., 2012**).

La solubilité et le gonflement sont calculés par les relations suivantes :

$$\text{Le gonflement} = \frac{\text{Poids du culots humide (g)} \times 100}{\text{Prise d'essai(g)} \times (100 - \text{solubilité \%})}$$

$$\text{La solubilité \%} = \frac{\text{Poids des solides dans le surnageant (g)}}{\text{Poids de la prise d'essai(g)}}$$

I.3.4. La capacité émulsifiante

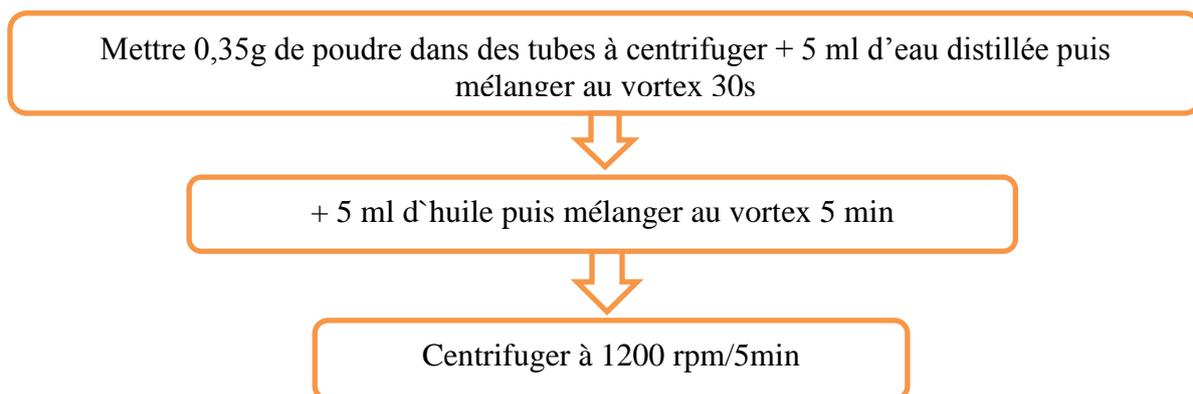


Figure N°08 : Protocole de détermination de pouvoir émulsifiant des poudres étudiées

Après centrifugation, une couche d'émulsion est formée, la CE est donnée par la formule :

$$\text{CÉ (\%)} = \left(\frac{L_1}{L_0} \right) \times 100.$$

L1 : Longueur de l'émulsion ;

L0 : Longueur total.

I.4. L'analyse physico-chimique des poudres

I.4.1. Mesure de pH

Le PH est déterminé on utilisant un appareil mesure la différence de potentiel entre deux électrodes (**Rada-Mendoza et al., 2004**).

I.4.2. Mesure de l'acidité

Elle est exprimée en fonction de l'acide dominant et titrée avec une solution d'hydroxyde de sodium (0.1N) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (**Shori et Baba, 2013**).

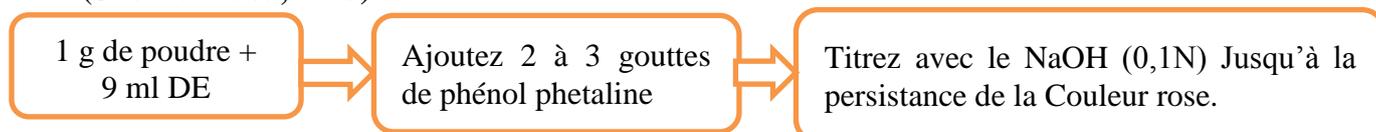


Figure N°09 : Protocole de mesure de l'acidité titrable des poudres (**Shori et Baba ,2013**).

L'acidité titrable (TTA) est exprimée en pourcentage, elle est calculée selon la formule suivante :

$$TTA = (10 * V_{NaOH} * 100 / M_x * 10) * 0,07$$

Où :

TTA : acidité titrable.

V_{NaOH} : Volume de NaOH en ml utilisé pour la titration.

M_x : masse en grammes de produit prélevé.

I.4.3. Humidité

Selon **AOAC (1975)**, La teneur en eau est déterminée par évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve réglée à 105°C. Les résultats ont été exprimés en pourcentage selon la formule suivante :

$$H\% = (P_0 - P_1 / P) \times 100$$

Où :

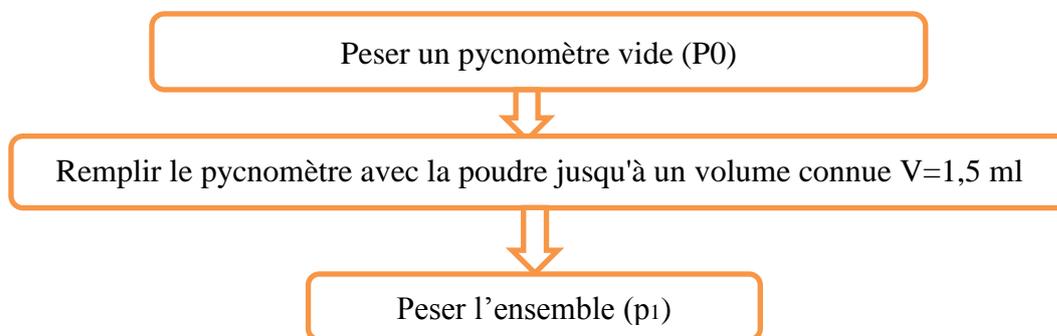
P₀ : poids du creuset vide (g).

P₁ : poids du creuset après séchage (g).

P : prise d'essai (g).

I.4.4. Densité apparente (D°)

Elle est déterminée selon la méthode décrite par (**Chau et Huang ,2003**).



FigureN°10 : Protocole de détermination de la densité des poudres (**Chau et Huang, 2003**).

La DA est calculée selon l'équation suivante :

Où :

$$DA \text{ (g/ml)} = (P_1 - P_0) / V$$

P₀ : Poids de pycnomètre vide.

P₁ : Poids de pycnomètre après remplissage.

V : volume utilisé.

I.4.5. Le brix

Le degré de brix est déterminé à l'aide d'un réfractomètre de Paillasse. Il représente la matière sèche soluble présente dans l'échantillon et est corrélé à la Teneur en sucres.

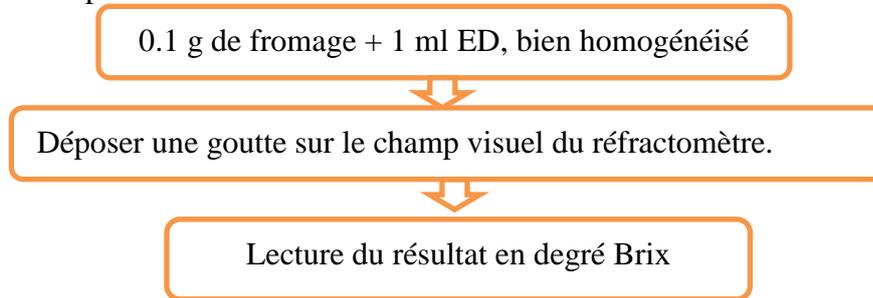


Figure N°11 : protocole de détermination du brix dans les poudres (Roussos *et al.*, 2011).

I.5. Préparation du yaourt

Les différentes étapes impliquées dans l'élaboration des yaourts brassés à base des différentes poudres de *Moringa Oleifera* traitées au micro-onde sont illustrées dans la figure suivante :

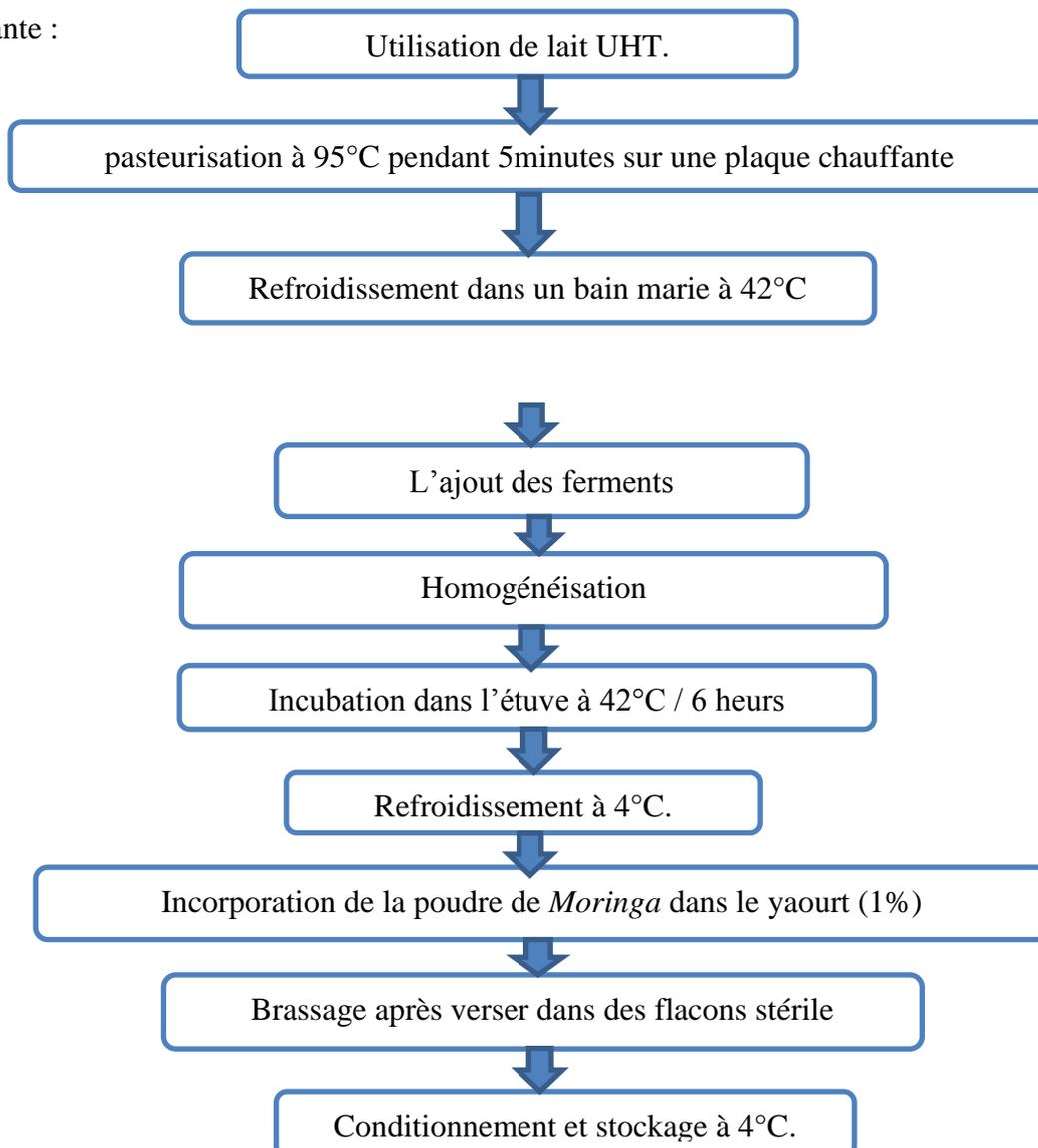


Figure N°12 : diagramme de fabrication de yaourt brassé (**Espirito Santo *et al.* (2010)**).

Les lots du yaourt ont été préparés en triples dans des flacons stériles, puis stockés à 4 °C durant 28 jours.

Les lots du yaourt sont codés comme suit :

YT= yaourt témoin.

YST= yaourt + poudre sans traitement.

Y100= yaourt + poudre traitée à 100w

Y300= yaourt + poudre traitée à 300w

Y500 = yaourt+ poudre traitée à 500w

Y700= yaourt + poudre traitée à 700w

Y900= yaourt + poudre traitée à 900w

I.6. Analyse physico-chimique du yaourt

Nous avons procédé à plusieurs analyses physico-chimiques aux cours de leur conservation qui sont : PH ; Acidité ; Synérèse ; Brix ; Densité.

I.6.1. Mesure du pH

On a mesuré le PH aux cours du stockage des différents yaourts préparés le 1^{er}, 7^{ème}, 14^{ème}, 21^{ème} et le 28^{ème} jour.

I.6.2. Mesure de la synérèse

Elle est définie comme étant la séparation du lactosérum du gel ou de caillé (**Tseng et Zhao, 2003**). Quand de phénomène de la synérèse est important cela implique que la capacité de rétention d'eau de gel est faible. Elle est mesurée selon la méthode de (**purwandari *et al.*, 2007**) .

Mode opératoire

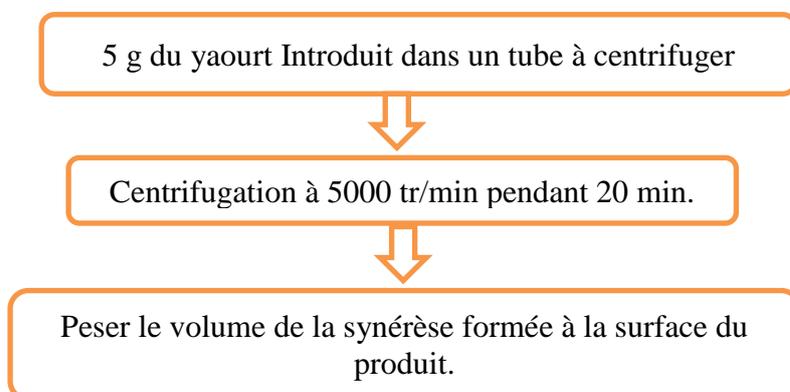


Figure N°13 : Protocole de mesure de la synérèse.

La Synérèse est exprimée en pourcentage selon la relation suivante :

$$S(\%) = (\text{poids de lactosérum collecte} / \text{prise d'essai}) * 100$$

I.6.3. Mesure de l'acidité titrable

L'acidité titrable (TTA) des yaourts est calculé chaque semaine jusqu'au 28^{ème} jour, Il est exprimé conventionnellement en degrés DORNIC (⁰D) (Shori et Baba., 2013).

$$TTA (\%) = V_{NaOH} \times 0.1 \times 100 \times 0.009 \times 10$$

$$\text{Acidité (°D)} = TTA * 100$$

Où :

V_{NaOH}: Volume de NaOH en ml utilisé pour la titration.

0,1 : représente la concentration du NaOH (0,1N)

10 : est le facteur de dilution (10-1).

100 : le pourcentage.

0.90 : Coefficient correspondant à l'acide lactique.

I.6.4. Le Brix

La méthode de détermination du brix pour les yaourts a été déjà citée précédemment (dans la partie de la poudre).

I.6.6. La densité (D°)

La densité est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné du liquide considéré et la masse du même volume d'eau on a :

La masse volumique de l'eau à 4°C est pratiquement égale à 1000Kg.m⁻³

$$d = \rho \text{ yaourt} / \rho \text{ Eau}$$

I.6.7. La matière sèche

Selon AOAC (1975), La teneur en eau est déterminée par évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve réglée à 105°C.

I.6.8. Détermination du taux de cendres brutes

Selon l'AOAC (1975), les cendres brutes sont obtenues par incinération au four à moufle à 550°C pendant 4 à 6 h.

Mode opératoire

- Peser 5g de l'échantillon dans une coupelle.
- Placer les coupelles dans un four à moufle (chauffer à 550°C pendant 5 h).
- Après l'incinération, les coupelle sont retirés du four et laisser refroidir dans in dessiccateur.
- Peser les coupelle contenant le résidu.

Calculés la teneur en cendre par la formule suivant :

$$C (\%) = (P1 - P_v / P_e) * 100$$

P1 : la masse (g) après incinération.

P_v : la masse (g) de poids vide.

PE : la masse (g) de la prise d'essai.

I.7. Extraction et Dosage des glucides totaux

La détermination des glucides totaux est réalisée par la méthode colorimétrique à l'antrone décrite par Osborne et Voogt. (1986).

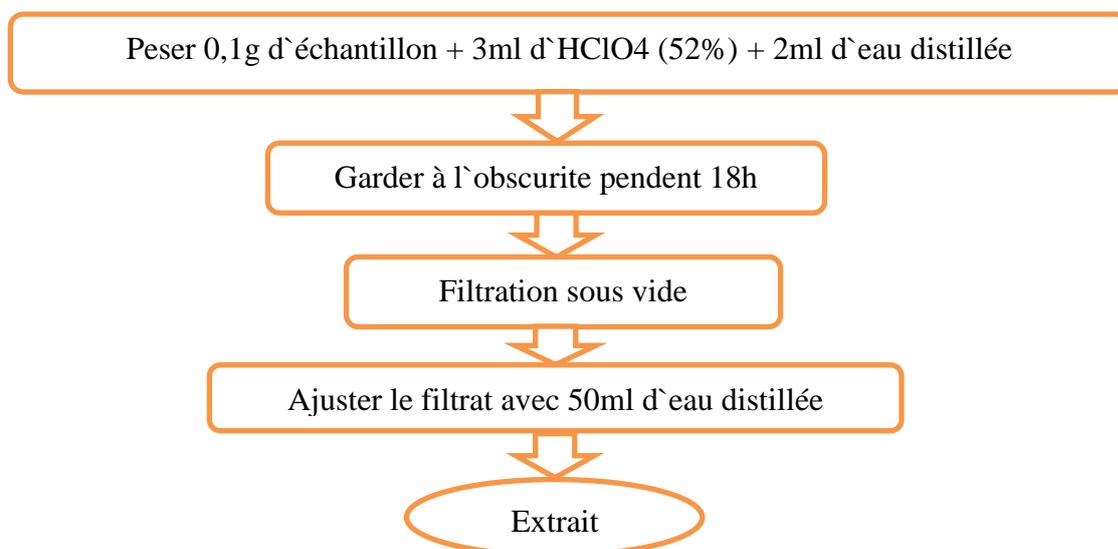
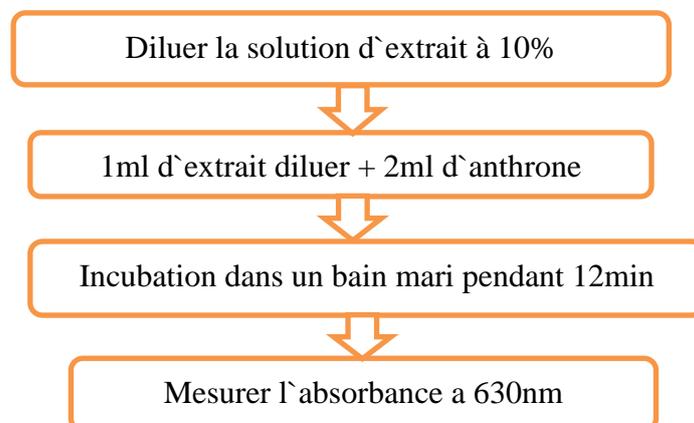


Figure N°14 : Etapes d'extraction des Glucides totaux (Osborne et Voogt, 1986).

Dosage

FigureN°15 : Etapes de dosage des Glucides totaux (**Osborne et Voogt, 1986**).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de de glucose par 100g de matière sèche (mg Eq G/100g MS), par référence à une courbe d'étalonnage (annexe I figureN 01).

I.8. Extraction et dosage des composés phénoliques**I.8.1. L'extraction**

L'extraction est un transfert du principe actif de la matrice vers le solvant selon un gradient de concentration (**Pereira et al., 2013**).

Mode opératoire

L'extraction des composés phénoliques a été obtenue par macération selon la méthode d'écrite par (**Skерget et al., 2005**). Le mélange Ethanol-Eau (80 %) est utilisé comme solvant d'extraction.

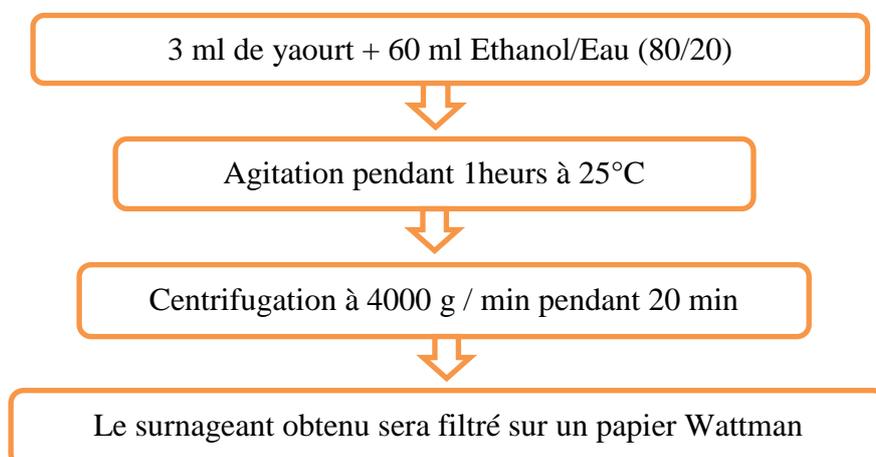


Figure N°16 : étapes d'extraction des composés phénoliques à partir des yaourts préparés.

Une quantité du macérât obtenu a été mise sous la hôte dans l'objectif d'évaporer le solvant organique pendant quelques jours. Pour éliminer toute trace de solvant, l'extrait sec a été mis à l'étuve (40°C) pendant 24 heures.

I.8.2. Dosage des phénols totaux solubles par la méthode (Folin Ciocalteu)

Le dosage des phénols totaux solubles est effectué par la méthode au Folin-Ciocalteu, décrite par **Skerget et al., (2005)**.

Mode opératoire

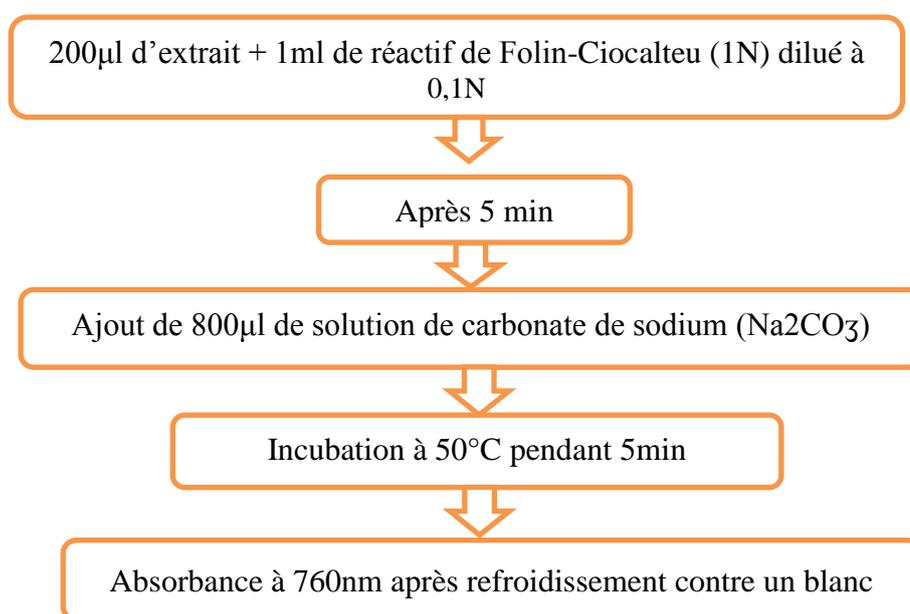


Figure N°17 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles (**Skerget et al., 2005**).

Les concentrations en phénols totaux solubles sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'Acide Gallique/100g d'échantillon.

I.8.3. Dosage des flavonoïdes

Le contenu en flavonoïdes des différents extraits est estimé par la méthode de **Lamaison et Carnet, (1990)** citée par **Bahri-Sahloul et al., (2009)**.

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre en position 5 susceptible de donner en présence de chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al^{+3} . La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (**Ribereau-Gayon, 1968**).

Mode opératoire

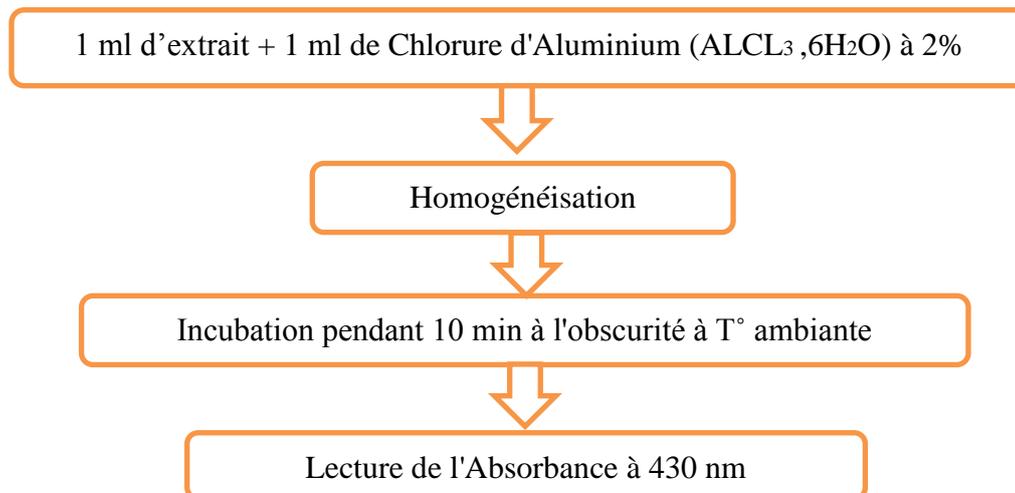


Figure N°18 : Protocole du dosage des flavonoïdes (Lamaison et Carnet, 1990).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de quercétine par g de matière sèche (mg Eq Q/100g MS), en se référant à une courbe d'étalonnage (annexe I ,figureN 02).

I.8.4. Dosage des tanins condensés

Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés dans un milieu acide pour produire un complexe rouge mesuré à 500 nm (Hagerman, 2002).

Mode opératoire

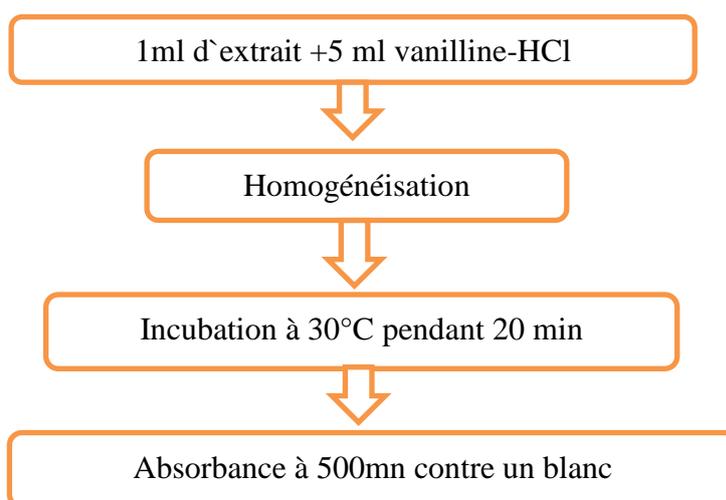


Figure N°19: Protocole de dosage des tanins condensés (Deshpande et al., 1986).

Les résultats sont exprimés en mg équivalent de catéchine par 100 g de matière sèche (mg Eq Cat/100g MS), par référence à une courbe d'étalonnage (annexe I, figure N04).

I.9. Activité antioxydant

I.9.1. La chélation du fer ferreux

La chélation de fer ferreux est estimée selon la méthode décrite par (Bourgou *et al.*, 2008).

Principe

La ferrozine réagit avec les ions divalents pour former un complexe violet ou rouge très soluble dans l'eau. L'absorbance du complexe ferrozine- Fe^{2+} est maximale à 562 nm. En présence d'agents chélateurs, la formation de ce complexe est perturbée aboutissant à une diminution de la couleur qui est suivie au spectrophotomètre.

Mode opératoire

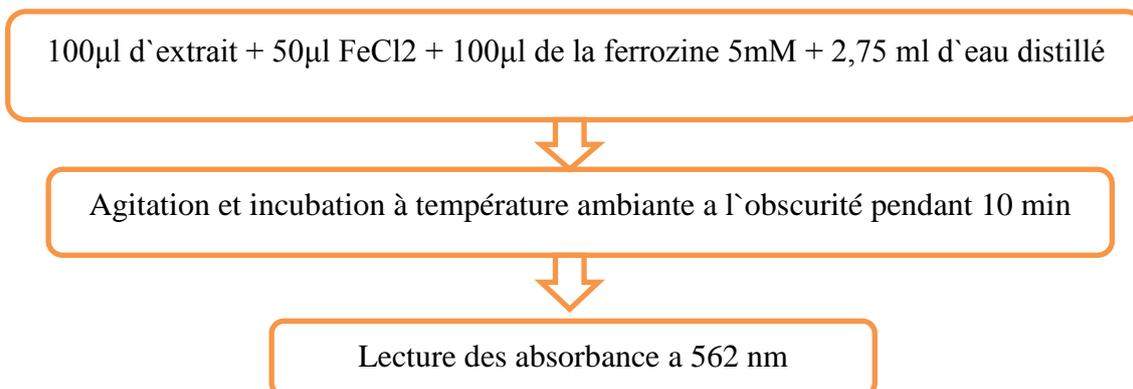


Figure N°20 : protocole de chélation de fer ferreux (Bourgou *et al.*, 2008).

Le même procédé a été réalisé sur BHA, BHT et vitE qui sont utilisés comme chélateurs de référence.

Expression des résultats

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{(\text{Abs}_c - \text{Abs}_e)}{\text{Abs}_c} \times 100$$

Abs_c : Absorbance du control ;

Abs_e : Absorbance de l'extrait.

I.9.2. Le test de blanchiment de B-carotène

Le test de blanchissement de B-carotène est réalisé par la méthode de (Sun et Ho, 2005).

L'acide linoléique qui est dans un système d'émulsion aqueuse génère des radicaux peroxydes qui vont par la suite oxyder le B-carotène hautement insaturé entraînant ainsi la disparition de sa couleur rouge. La présence des antioxydants réduisent l'intensité de la destruction du B-carotène en neutralisant les radicaux libres dérivés et permet donc de prévenir l'oxydation et le blanchissement du B-carotène (Unten *et al.*, 1997).

Mode opératoire

Une quantité de 0,3 mg de B-carotène est dissoute dans 1,5 ml de chloroforme. 1 ml de cette solution est additionné à 200 mg de tween 80 et 20µl d'acide linoléique. Le chloroforme est éliminé par évaporation et 100 ml de l'eau oxygénée diluée sont ajoutés et le mélange résultant est agité vigoureusement.

Un volume 100µl de chaque extrait et les antioxydants de synthèse (BHA, BHT et α -tocophérol à une concentration 0.002g/ml) est ajouté à un volume de 2 ml de l'émulsion du B-carotène/acide linoléique, l'absorbance des extraits est mesurée à 470 nm immédiatement, ce qui correspond à t=0min.

La cinétique de décoloration de l'émulsion est suivie à 470 nm à des intervalles de temps réguliers (20min) pendant 2 heures.

Le taux de dégradation (DR) est mesuré à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Taux de dégradation du } \beta\text{-carotène} = \ln (A_{t=0}/A_{t=t}) * 1/t$$

$A_{t=0}$ = 0 absorbance initiale (470 nm) à temps 0 min ;

$A_{t=t}$ est l'absorbance (470 nm) à 20, 40, 60, 100 et 120 min

t : est le temps en min.

L'activité antioxydante (AA) est calculée en % d'inhibition par rapport au control en utilisant l'équation suivante:

$$\% \text{ Inhibition} = [(\text{taux de dégradation du control} - \text{taux de dégradation de l'échantillon}) / \text{taux de dégradation du control}] \times 100$$

Le control est préparé de la même manière sauf que l'extrait est remplacé par le solvant d'extraction.

I.9.3. Pouvoir réducteur

I.9.3.1. Réduction du chlorure ferrique

Le pouvoir réducteur est estimé par l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe^{2+}). La forme réduite de ce complexe donne une couleur verte qui est proportionnelle aux concentration des extraits (Öztürk *et al.*, 2007).

Mode opératoire

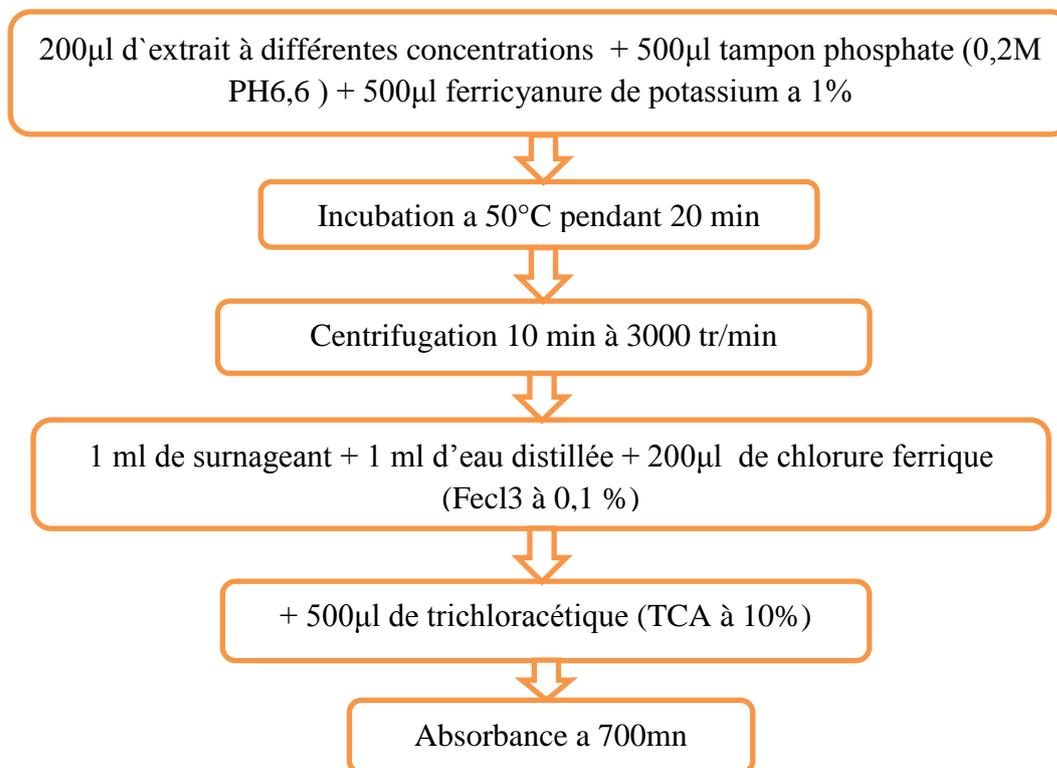


Figure N°21 : protocole de mesure de pouvoir réducteur du fer (Li *et al.*, 2009).

Les résultats exprimés par l'IC50 seront interprétés par comparaison à l'activité antioxydante des standards tels BHA, BHT et α -tocophérol réalisée dans les mêmes conditions.

Le pouvoir réducteur est estimé en pourcentage de réduction selon l'équation suivante :

$$\text{PI \%} = ((\text{AEch} - \text{AT}) / \text{AEch}) \times 100$$

Avec:

- AT : Absorbance de témoin (sans l'extrait) ;
- AEch : Absorbance de l'extrait.

I.9.3.2. Réduction du phosphomolybdate

Le test phosphomolybdate (PPM) est basé sur la réduction, en milieu acide, de l'ion Mo+6 en ion Mo+5 par des substances réductrices présentes dans l'extrait végétal qui forment avec le phosphate-Mo+5 des complexes de couleur verdâtre. (Prieto et al., 1999).

Mode opératoire

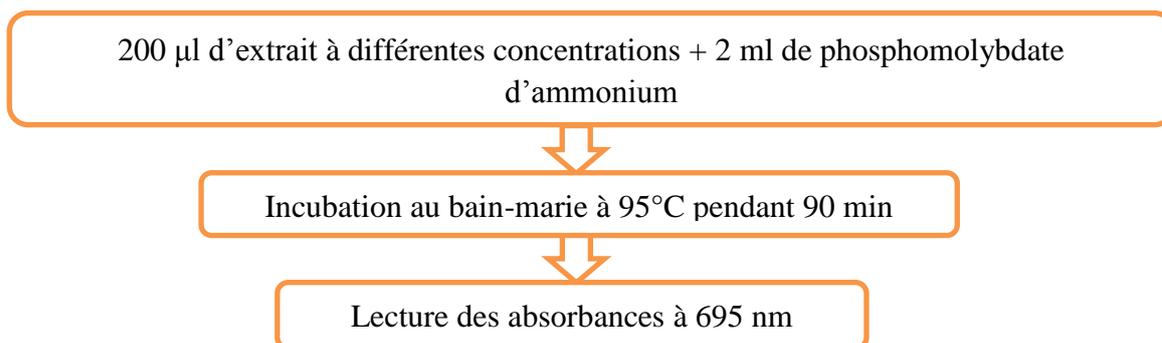


Figure N°24 : protocole de test du phosphomolybdate d'ammonium (Prieto et al., 1999)

Les résultats exprimés par l'IC50 seront interprétés par comparaison à l'activité antioxydante des standards tels BHA, BHT et α -tocophérol réalisée dans les mêmes conditions.

Le pourcentage du pouvoir réducteur du phosphomolybdate est calculé par la relation suivante :

$$\text{PI \%} = ((\text{AEch} - \text{AT}) / \text{AEch}) \times 100$$

Avec :

- AT : Absorbance de témoin (sans l'extrait) ;
- AEch : Absorbance de l'extrait.

I.10. Activité anti-dénaturant des protéines

L'étude de l'activité anti-dénaturant des protéines des extraits éthanoliques des yaourts enrichies avec la poudre des feuille de *Moringa oleifera* est basée sur la dénaturation thermique des protéines l'albumine bovin sérique BSA.

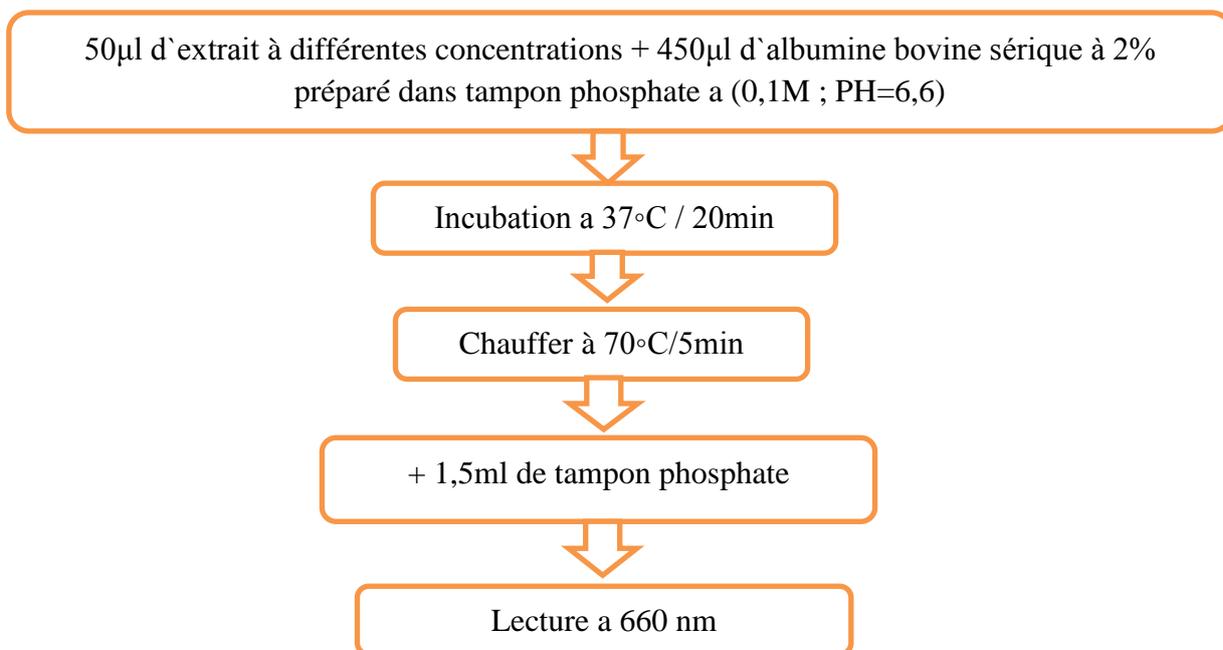
Mode opératoire

Figure N°23 : Protocole d'inhibition de la dénaturation de l'albumine bovin (**Rehman et al., 2015**).

Le contrôle a été préparé en remplaçant l'extrait par tampon phosphate. Dans les mêmes conditions opératoires on a réalisé un essai avec le diclofinac de sodium et le celebrex comme référence au quel on a comparé l'efficacité de notre extrait.

Le pourcentage d'inhibition est calculé par la formule suivante (**Bui Thanh et al., 2016**):

$$\text{Pourcentage d'inhibition \%} = (\text{Abs C} - \text{Abs T} / \text{Abs C}) * 100$$

Abs C : absorbance de contrôle.

Abs T : absorbance de test

La concentration inhibitrice de 50% (IC50) a été déterminée à partir de la courbe de pourcentage de réduction de chlorure ferrique. L'IC50 est exprimée en µg/ml et comparée avec celle de standard.

I.11. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but de s'assurer que les yaourts préparés présentent une qualité hygiénique adéquate et qu'ils sont conformes à la consommation. Les analyses microbiologiques effectuées pour la détermination des germes recherchés ont été appliqués selon le **journal officiel de la république algérienne N° 35 du 27 mai 1998** relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires.

Tableau X : Dénombrement et recherche des bactéries dans le fromage. :(Guiraud et Galzy, 1980).

Germe	Milieux de culture	Dilution	Ensemencement	Incubation
Coliforme totaux	VRBL	10 ⁻¹ 10 ⁻²	En masse	37°C/ 24h -48h
Coliforme fécaux	VRBL	10 ⁻¹ 10 ⁻²	En masse	44°C/24h-48h
Levure et Moisissure	OGA	Solution mère	En surface	25°C/ 5jours
Staphylococcus aureus	Chapman	Solution mère	En surface	37°C/24h-48h
Salmonelle	Hecktoen	Solution mère	En surface	37°C/24h-48h

I.12. Analyse sensorielle

Dans le but d'évaluer les caractéristiques organoleptiques du yaourt à base de la poudre des feuilles de *Moringa*, une analyse sensorielle a été effectuée. Différents types de yaourt ont été préparés : quatre yaourts brassé à base de la poudre de *Moringa* traité à différentes puissance de micro-onde et un yaourt témoin préparé de la même manière que les précédent, mais sans l'ajout de cette poudre.

L'analyse sensorielle de ces yaourts a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia par 8 panels experts. Les panélistes sont appelés à analyser les échantillons en respectant les étapes décrites dans le questionnaire (annexe V).

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT version 2014,

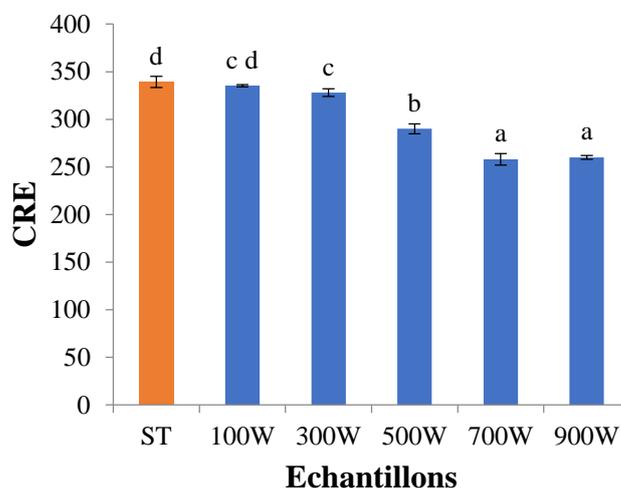
I.13. Analyse statistique

Toutes les déterminations ont été menées en triple et les résultats sont exprimés par la moyenne \pm écart type. Les résultats ont fait l'objet d'une analyse de la variance (FACTORIAL ANOVA), suivie d'une comparaison multiple des moyennes (Test LSD) au moyen du logiciel Statistica version 5.5. Les différences sont significatives à $p < 0,05$. Les valeurs des IC50 ont été calculées en utilisant Excel.

II. Résultats et discussion

II.1. Propriété fonctionnelle de la poudre

II.1.1. La capacité de rétention d'eau (CRE)



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$), par contre ($p < 0,05$) c'est significativement différentes.

Figure N°26 : Capacité de rétention d'eau à 25°C

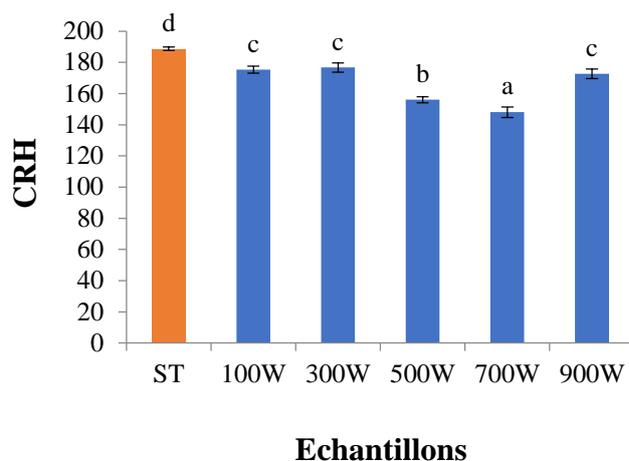
Les données de la figure N°26 montrent des différences significatives ($p < 0,05$) entre les échantillons, à l'exception des poudres traitées à 700W et 900W qui présentent des valeurs très proches (258 ; 260) respectivement.

La capacité de rétention d'eau présente une baisse progressive avec l'augmentation des puissances, la poudre non traitée présente la valeur maximale (339).

II.1.2. La capacité de rétention de l'huile (CRH)

Dans notre étude nous avons évalué la capacité de rétention de nos poudres à une température ambiante (25°C).

D'après la figure N°27, la capacité de rétention de l'huile présente une variation significative ($p < 0,05$), et les poudres traitées à 100W, 300W, 900W ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). Elle atteint la valeur maximale à la poudre non traitée et la valeur minimale à la poudre traitée à 100W.



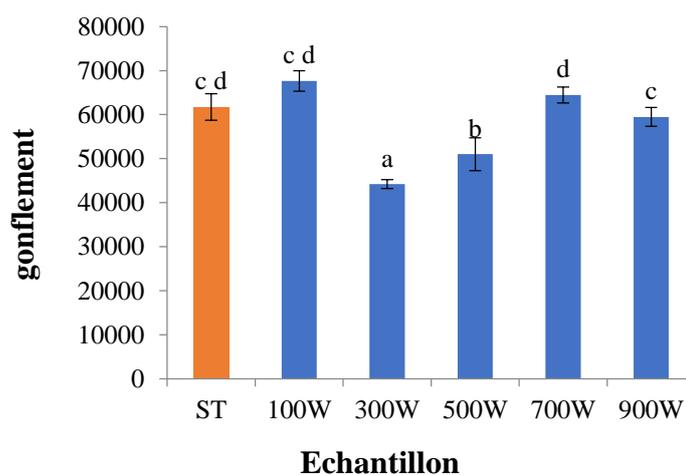
Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0.05$).

Figure N° 27: Capacité de rétention d'huile à 25°C.

II.1.3. La capacité de gélification

Dans nos conditions de travail, nous notons que les poudres étudiées présentent une concentration minimale gélifiante (CMG) de 16%. A l'exception, la poudre traitée à 900W n'a pas repris la gélification.

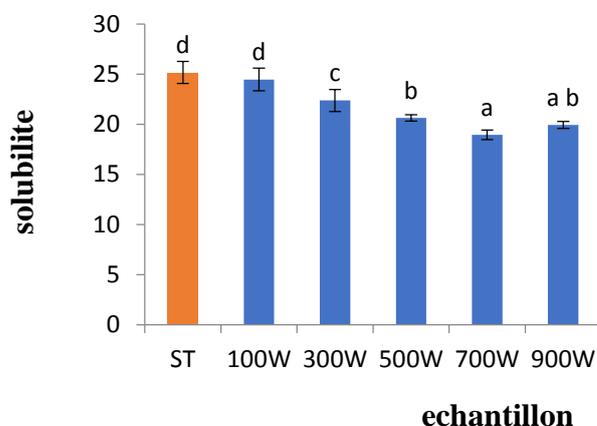
II.1.4. Solubilité et gonflement



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0.05$).

Figure N° 28: le gonflement

La figure N°28 représente les données de gonflement des poudres des feuilles de *MO* traité au microonde et de la poudre non traité. Les valeurs de pourcentage de gonflement des échantillons étudiés présentes une différence significative ($p < 0,05$).



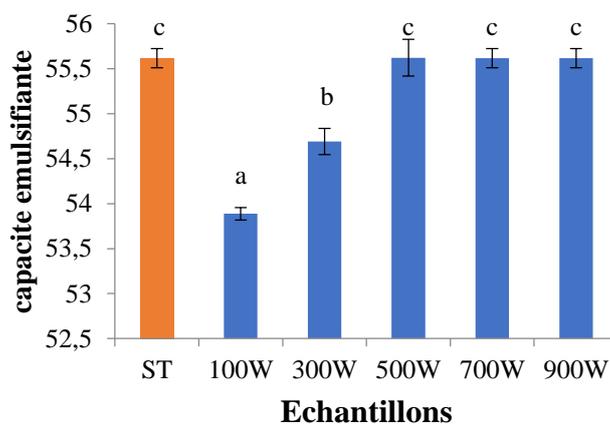
Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Figure N°29: Indice de solubilité

L'indice de solubilité (figure N°29) des différentes poudres présente une différence significative ($p < 0,05$), les résultats montre une diminution progressive jusqu'à 700W puis on marque une légère augmentation à 900W.

II.1.5. Capacité émulsifiante

La figure N°30 montre les résultats de pourcentage de capacité émulsifiante des différentes poudres, elle présente une différence significative ($p < 0,05$), par contre la poudre non traité et traité à 500W, 700W, 900W ne présente aucune variation significative ($p > 0,05$).



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Figure N°30: Capacité émulsifiante des différentes poudres étudiées

II.2. Les paramètres physico-chimiques de la poudre

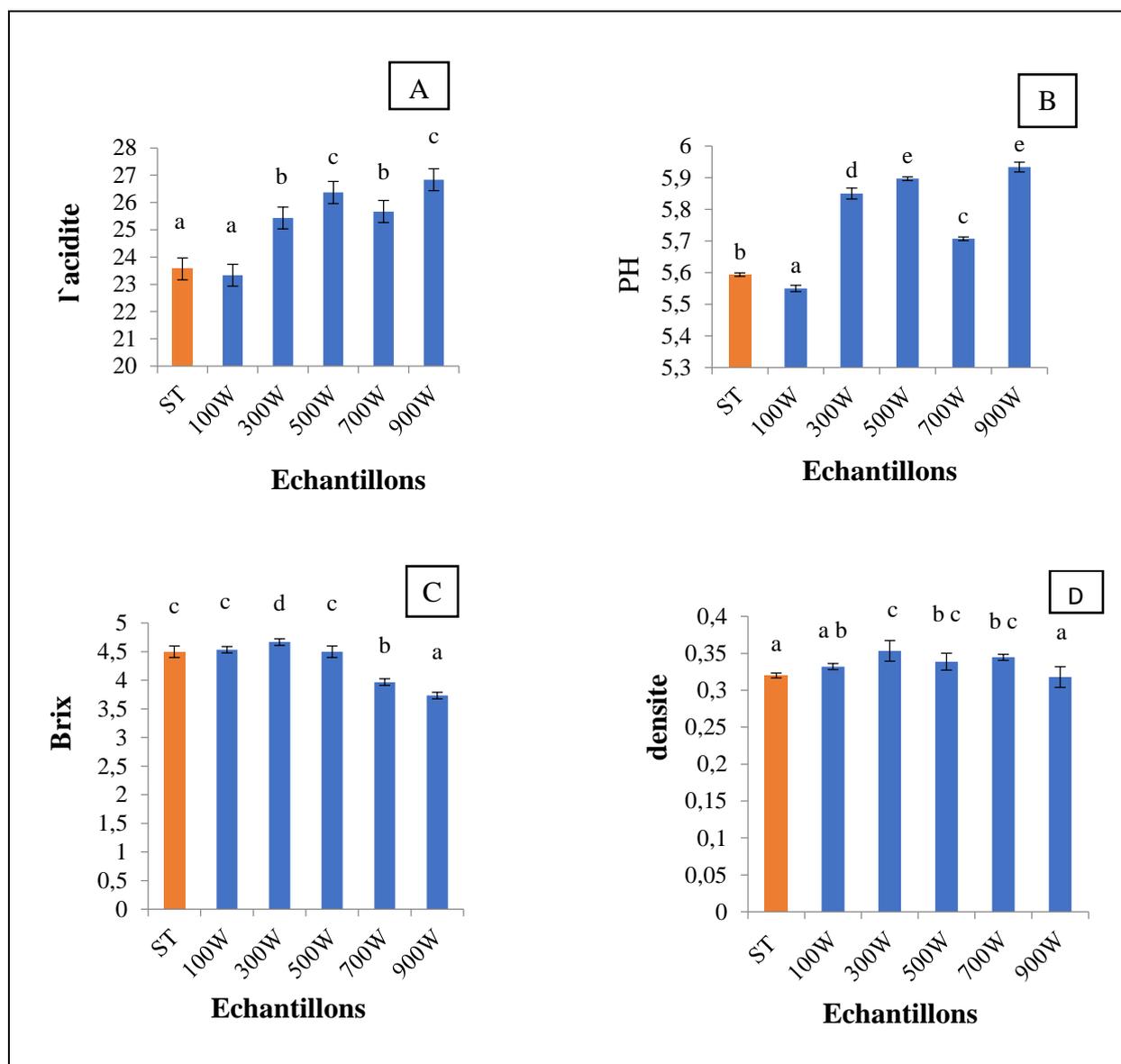
La figure ci-dessous représente les différents paramètres physico-chimiques de la poudre :

Les teneurs de l'acidité (Figure N°31, A) de nos échantillons sont significativement différentes ($p < 0,05$). La valeur d'acidité de la poudre sans traitement est la moins élevée puis augmente avec l'augmentation des puissances du microonde jusqu'à 500W et elle diminue à 700W et la poudre traitée à 900W présente la valeur maximale d'acidité (26,83).

Les résultats obtenus pour le PH (Figure N°31, B) des différentes poudres étudiées révèlent une variation significative ($p < 0,05$).

Le taux de brix (Figure N°31, C) de la poudre non traitée et traitée à 100W et 500W ne présentent aucune différence significative ($P > 0,05$), par contre les poudres traitées à 300W, 700W, 900W montrent une différence significative ($p < 0,05$).

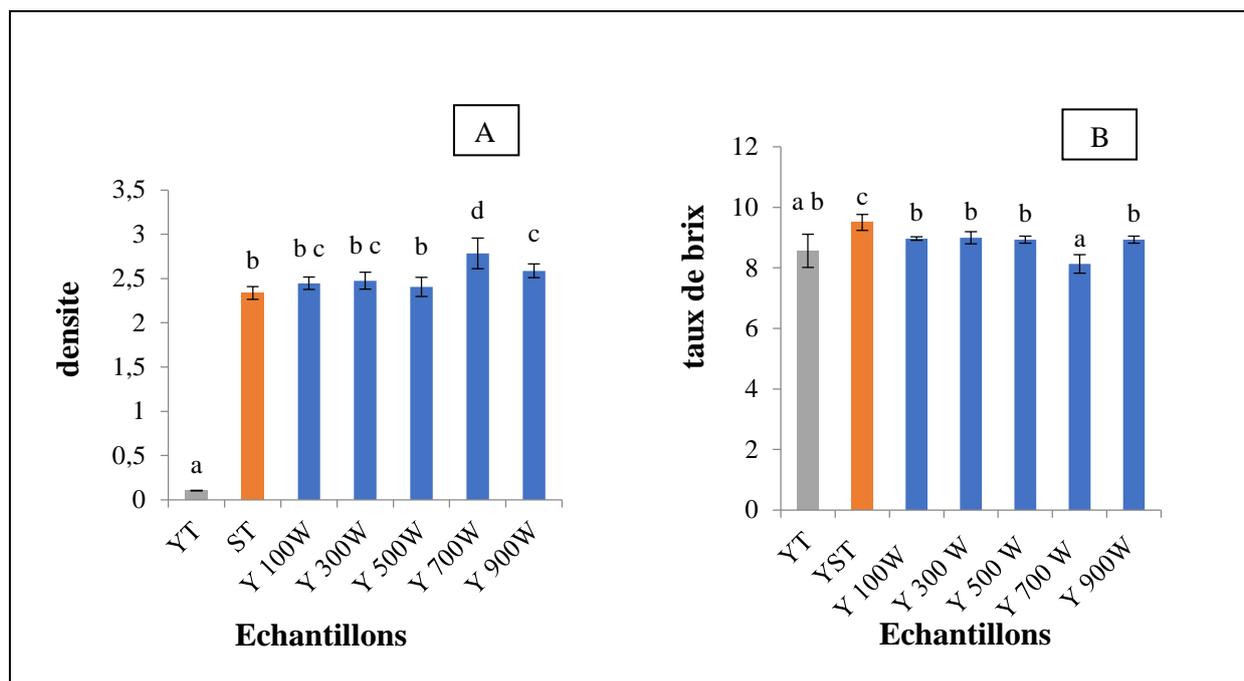
La densité apparente (Figure N°31, D) des différents échantillons augmente progressivement jusqu'à atteindre la valeur maximale à 300W puis elle rencontre une diminution jusqu'à une valeur minimale à 900W.



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

Figure N°31 : résume les résultats de la composition physico-chimique de la poudre de *Moringa oleifera*.

II.3. Les paramètres physico-chimiques du yaourt



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

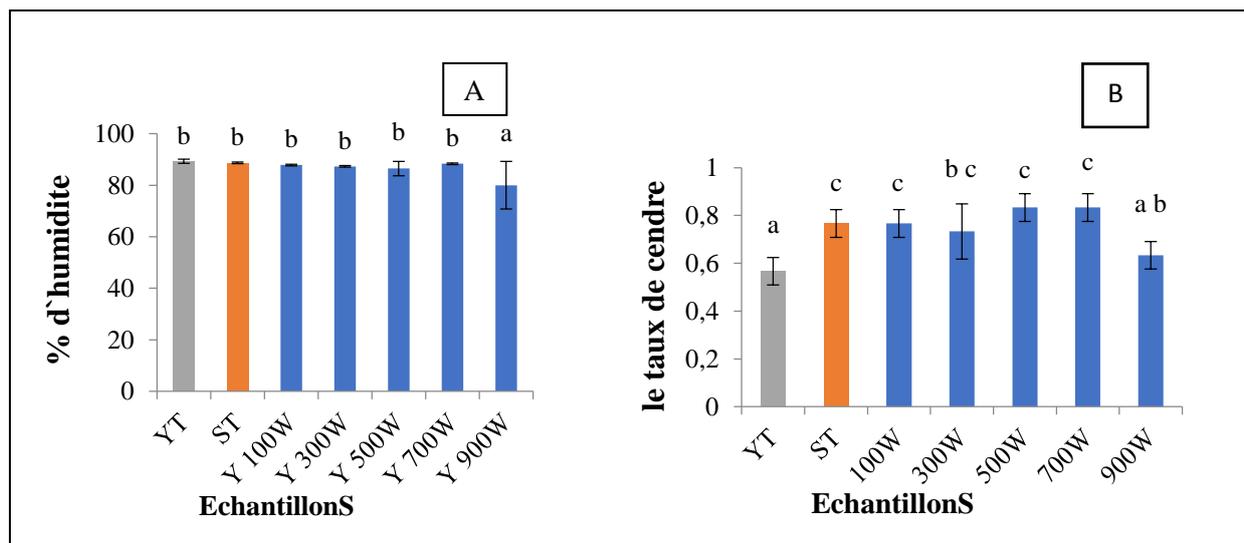
FigureN°32 : Les teneurs de densité et taux de brix

La figureN°32(A) montre que la densité du yaourt enrichi augmente significativement Avec l'augmentation de la puissance du traitement de la poudre de *Moringa oleifera* par micro-onde. Le yaourt témoin se caractérise par la plus faible densité 0.1. Pour les yaourts enrichis, la densité varie de 2.4 à 2.8.

La FigureN°32(B), montre que les résultats expérimentaux sont significativement différents ($p < 0,05$). Le brix a donné une valeur importante pour tous les échantillons, le yaourt témoin présente une valeur de 8.8, qui est accompagnée d'une augmentation pour les yaourts incorporé à la poudre de *Moringa oleifera*.

Les résultats illustrés dans la figureN°32, (A) montre que le pourcentage d'humidité des échantillons ne présente pas une différence significative ($P > 0,05$).

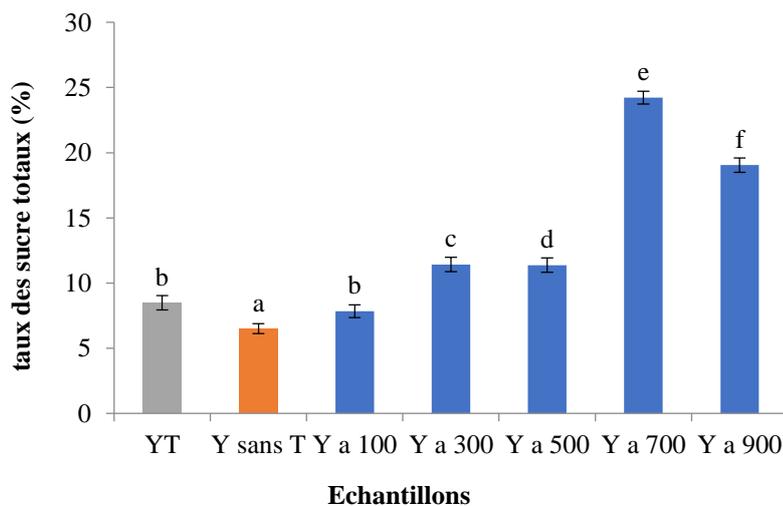
On observe dans la figure la figureN° 32, (B) que le taux de cendre des sept yaourts sont significativement différents ($p < 0,05$), le yaourt témoin présente le taux le plus bas et pour le yaourt incorporé de poudre de MO non traité et traité à 100W, 500W, 700W ne présente pas une différence significative ($p > 0,05$).



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0.05$)

Figure N°33 : le taux d'humidité et cendres

II.4. Les glucides



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0.05$).

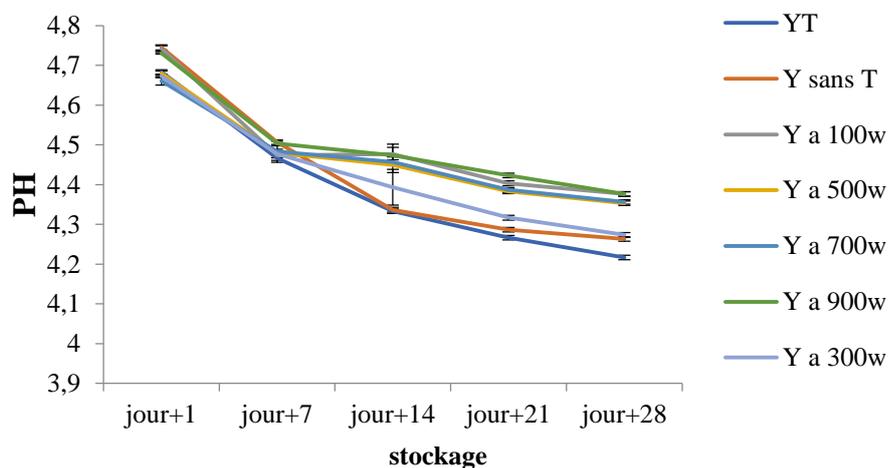
Figure N°34 : les résultats présentant le taux des sucres totaux

La figure N°34 montre une augmentation significative ($p < 0.05$), de la teneur en sucre des sept yaourts. Cette teneur varie 8% pour le témoin, et 6% pour le yaourt à *Moringa* sans traitement, et pour les yaourts qui sont incorporés de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* améliore significativement ($P < 0.05$) le taux de sucre du yaourt : de 8 à 11% pour les yaourts

avec *Moringa oleifera* traité a (100-500w) et une teneur importante pour le yaourt a 700w qui est de 25%, et de 20% pour les 900w.

II.5. Les paramètres fermentaires des yaourts préparés

II.5.1. Le pH des yaourts au cours du stockage



FigureN°35: Evolution du PH au cours du stockage.

Les sept types de yaourt montrent une variabilité de PH car il y a une diminution progressivement au cours de 28 Jours de stockage.

Les résultats obtenus montrent que le pH du yaourt enrichi en poudre de *Moringa oleifera* diminue au cours de sa conservation à 4°C. Au début, la diminution est presque la même pour les sept échantillons, mais à partir de J+14, cette diminution est de 4,4 à 4,2 pour le yaourt témoin, de 4,4 à 4,3 pour le yaourt enrichi avec la poudre sans traitement et de 4,5 à 4,4 pour le reste des yaourts.

II.5.2.L'acidité des yaourts au cours du stockage

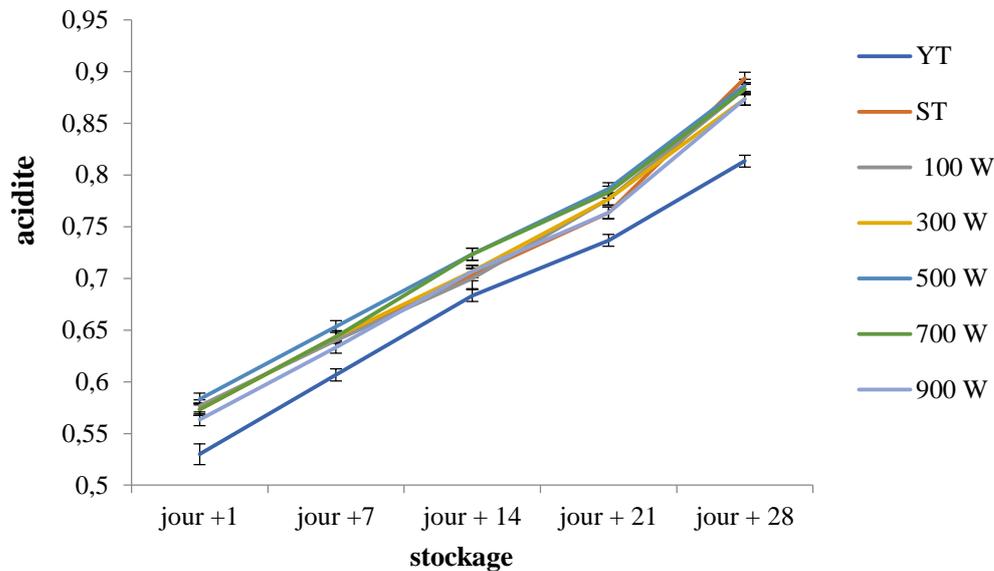


Figure N°36: Acidité des différents yaourts

Selon les résultats de la figure N°36 on note que la présence de poudre de feuille dans le yaourt modifie l'acidité titrable dès le premier jour jusqu'au 28 jours. Les valeurs de l'acidité au cours du stockage varient 0,5 à 0,95%.

II.5.3.Le taux de synérèse au cours du stockage

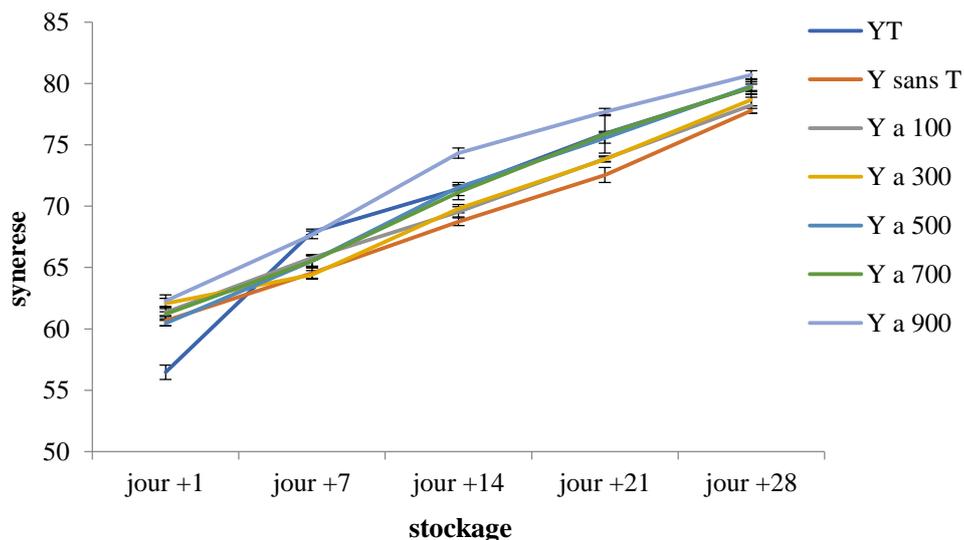
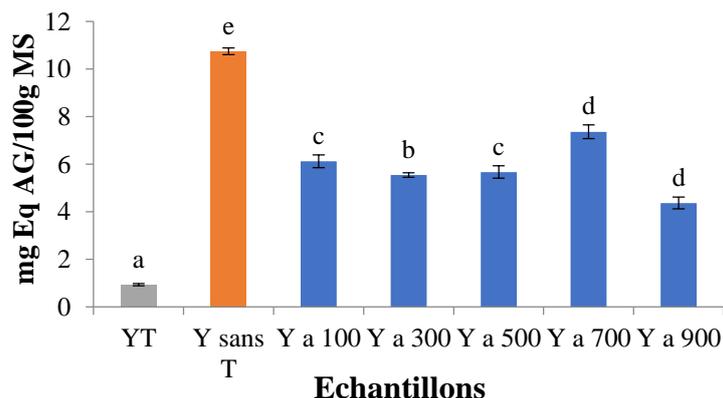


Figure N°37 : Taux de synérèse de yaourt

L'analyse des données montre une augmentation de la synérèse du yaourt témoin ; elle passe de 55% (j1) à 69% (j14), puis à 80% (28j), Pour les yaourts enrichis aux poudres *Moringa oleifera* traitées ou non présentent aussi une augmentation progressive ou cours de la période de stockage de (1j a 28j).

II.6. Les composés phénoliques

II.6.1.Polyphénols totaux



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

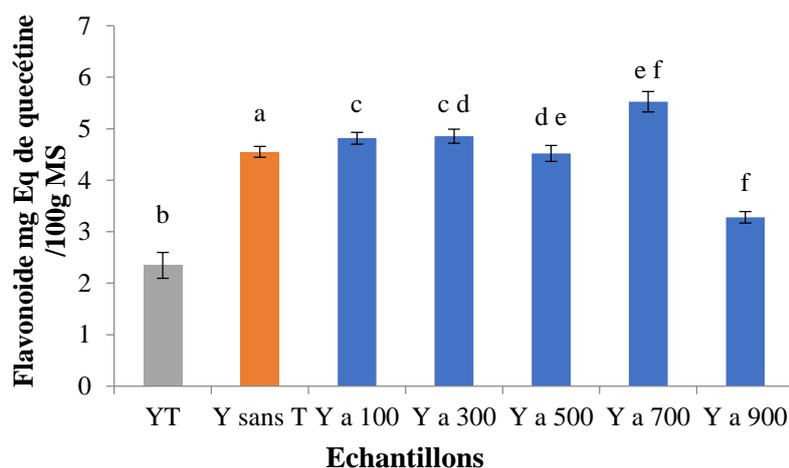
Figure N° 38: Teneur en phénol totaux solubles des extraits des yaourts

La figure N° 38 montre une variation significative ($p < 0,05$) de la teneur en phénols totaux solubles (PTS) des yaourts préparés.

Le yaourt témoin affiche une teneur en PTS de 0.80 mg Eq d'AG/100g MS par contre le yaourt enrichi par la poudre de *Moringa oleifera* non traité montre une valeur très importante qui est de 11 mg Eq d'AG /100g MS. Pour les yaourts incorporés de poudre de *MO* traité à différentes longueurs d'ondes (100, 300, 500,900W) ont une teneur en PTS qui varie de 5.5 à 6 mg Eq d'AG/100g MS et de 7.8 pour le yaourt a 700W.

II.6.2.Les flavonoïdes

La figure N° 39, illustre les quantités en flavonoïdes des extraits de yaourt enrichi avec la poudre de *Moringa oleifera*.

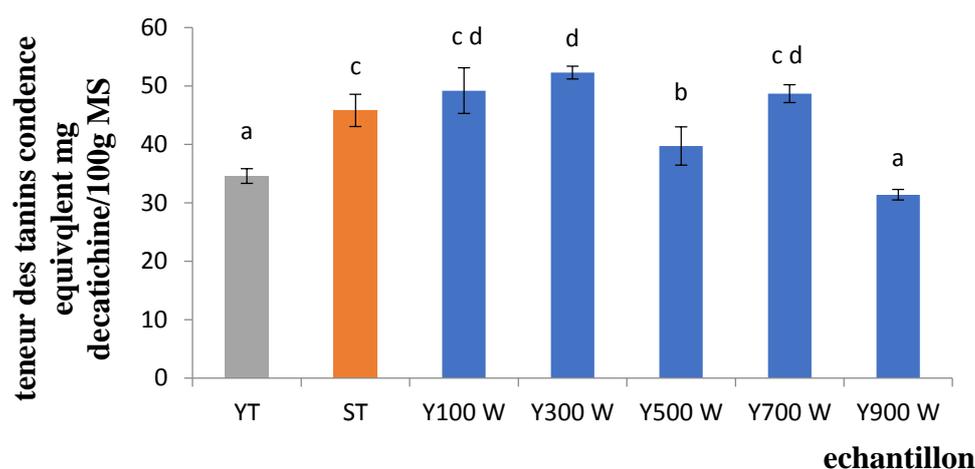


Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Figure N°39 : Teneur en flavonoïde des extraits de yaourts

Les données analytiques montrent une différence significative ($p < 0,05$) de la teneur en flavonoïdes des extraits des différents yaourts. Elle est de 2,4 à 5 mg Eq Q/100g MS pour le yaourt témoin, et le traité à 300w respectivement, puis on marque à 500w une légère diminution (4,51 mg Eq Q/100g MS), par contre l'échantillon traité à 700w présente une valeur maximale on flavonoïde (5,52 mg Eq Q/100g MS), et pour le yaourt incorporé par MO traité à 900w présente une valeur de (3,27±0,11 mg Eq Q/100g MS).

II.6.3. Teneur en tanins condensés



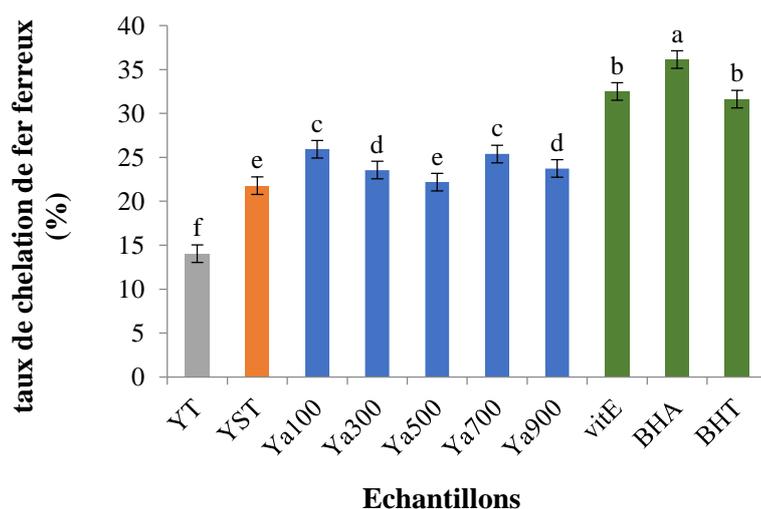
Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Figure N°40 : Teneur en tanins condensés des extraits des différents yaourts

Les résultats de dosage des tanins condensés (figure N°40) révèlent une variabilité de teneur entre les différents extraits, l'analyse de la variance montre un effet significatif ($p < 0,05$). Pour le yaourt témoin et yaourt incorpore de poudre traite a 900W ne présent pas une différence significative ($p > 0,05$) elle est de 34,59 et 31,38 mg Eq Cat/100g MS respectivement. , puis on marque une augmentation a 100 et 700W (49,19 et 48,67 mg Eq Cat/100g MS), par contre l'échantillon traité à 300W présente une valeur maximale on tanins condensés (52,28 mg Eq Cat/100g MS), puis on observe une légère diminution pour le yaourt incorporé par MO traité à 500w et yaourt incorpores par MO non traite (39,74 ; 45,81 mg Eq Cat/100g MS) respectivement.

II.7. L`activité anti oxydant

II.7.1.Chélation du fer ferreux



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Figure N°41 : chélation de fer ferreux

Les résultats de la capacité des extraits d'échantillons et de standard (BHA, BHT, vit E) à Chélater le fer est représentés dans la figure (41) :

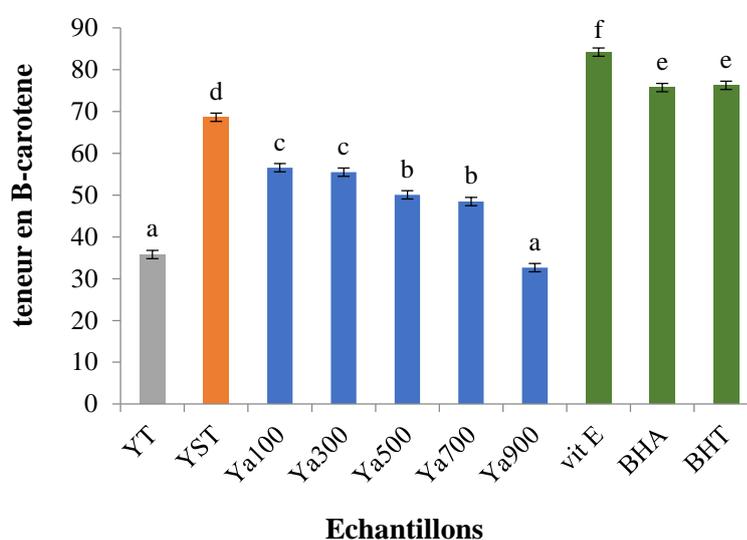
On constate une augmentation progressive dans le pourcentage de chélation de fer ferreux pour les extraits des yaourts témoin, enrichie avec la poudre sans traitement, et pour le yaourt traité à 100w, suivi d'une diminution légère pour les extraits 300W et 500W (23,54 ;

22,19%) puis on marque une augmentation de l'activité chélatrice pour l'extrait du yaourt avec poudre à 700W (25,38%).

D'autre part on a des pourcentages très importants pour les standards (BHA, BHT, vit E) qui est arrivé jusqu'à 40% ce qui prouve qu'en premier lieu que la plante à estimer une faible activité chélatrice du fer par rapport aux standards.

II.7.2. Test de blanchissement du β -carotène

Les résultats d'inhibition de décoloration de la solution β carotène des échantillons sont représentés dans la figure suivante :



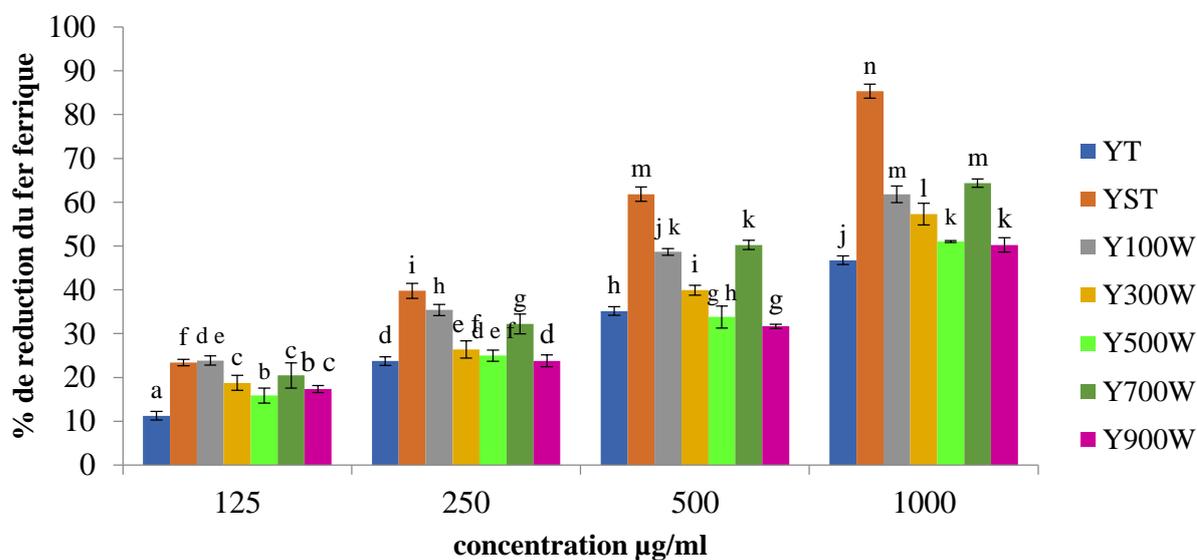
Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Figure N°42 : taux d'inhibition du blanchissement de B-carotène par les extraits et standards.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'extrait du yaourt témoin présente le taux minimal d'inhibition de B-carotène, après on note une augmentation importante de taux d'inhibition pour les échantillons incorporés de poudre de MO, à l'exception du yaourt enrichie de poudre traité à 900W qui présente une valeur très proche à celle du yaourt non incorporé. On revanche, l'effet inhibiteur maximal est observé dans l'extrait du yaourt enrichie avec une poudre non traité (68,60%) par contre moins élevé en le comparant aux molécules de référence BHA, BHT et vit E avec des valeurs de 75,72, 76,24 et 84,19 % respectivement.

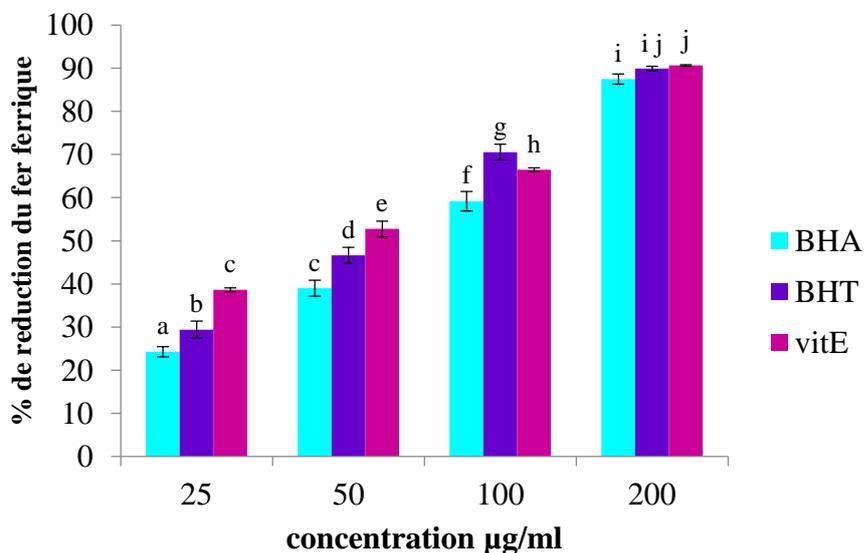
II.7.3. Pouvoir réducteur

II.7.3.1. Réduction du chlorure ferrique



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

Figure N°43 : pouvoir réducteur du fer ferrique des extraits des yaourts à différentes concentrations



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

Figure N°44 : Pouvoir réducteur du fer ferrique de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations

- Comme indiqué dans la Figure N°43, les résultats de l'évaluation de la réduction du

Chlorure ferrique par les extraits des sept yaourts (YT, ST, 100W, 300W, 500W, 700W, 900W) montrent une activité réductrice proportionnelle à la concentration des extraits. (La BHT, BHA et vitamine E) a été utilisé Comme standard et les résultats sont représentés dans la Figure N° 44.

On constate que l'activité réductrice la plus élevée a été obtenue avec les extraits de la poudre de *Moringa oleifera* utilisée à une concentration de 1000 (mg/ml) (46,75 ; 85,37 ; 61,83 ; 57,28 ; 51,03 ; 64,36 ; 50,23 respectivement). Les résultats obtenus montrent que la capacité des extraits à réduire le fer ferrique (figure N° 42) est largement inférieure à celle des standards (BHA, BHT, vit E). En effet, pour une concentration de 200 µg/ml des standards, le pouvoir réducteur était de l'ordre de (87,45 ; 89,91 ; 90,65 respectivement).

Ces résultats sont aussi confirmés par le calcul des concentrations des extraits inhibitrices de 50% du pouvoir réducteur (**Tableau XI**), l'IC₅₀ le plus bas est celui de l'extrait du yaourt enrichie de poudre de MO sans traitement avec 324,30 µg/ml, donc il possède le pouvoir réducteur le plus élevé. Il est suivi respectivement par les extraits des yaourts : Y700W, Y100W, Y300W, Y500W, Y900W, YT.

Cependant, les IC₅₀ des extraits sont très supérieurs à ceux des standards BHA, BHT et vit E (65,11, 51,94 et 43,09 µg/ml ; respectivement), ce qui signifie que le pouvoir réducteur des différents standards analysés est beaucoup plus important que ceux des extraits.

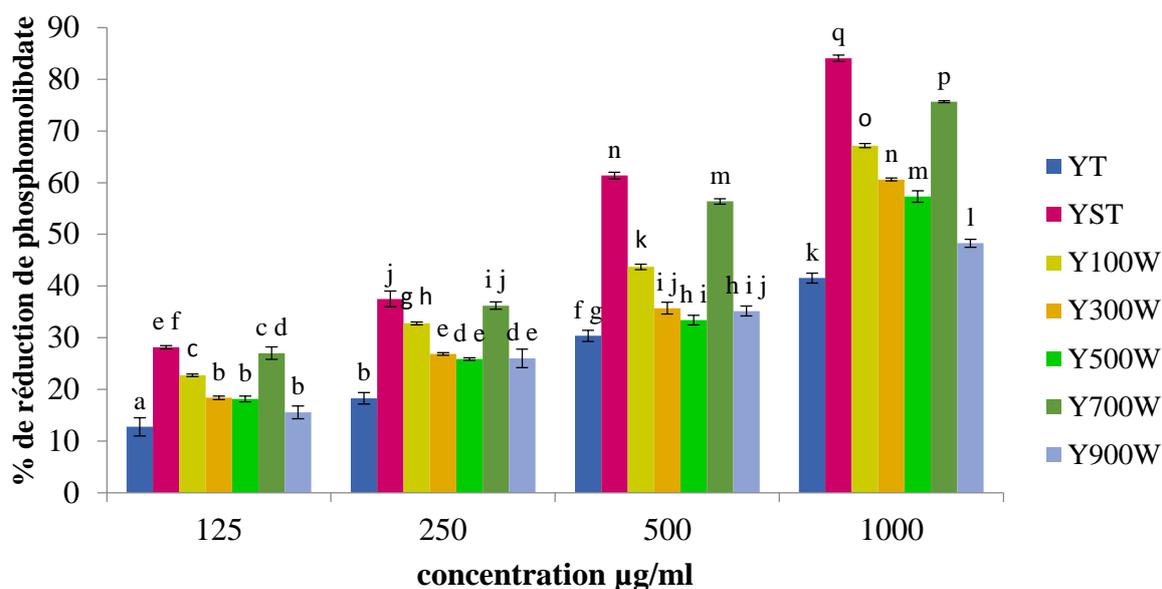
Tableau XI : Résultats des IC₅₀ pour le test du pouvoir réducteur du fer ferrique

Extraits et standards	YT	YST	Y100W	Y300W	Y500W	Y700W	Y900W	BHA	BHT	Vit E
IC ₅₀ (µg/ml)	1198,53	324,30	533,97	766,59	1091,06	516,18	1235,40	65,11	51,94	43,09

II.7.3.2. Réduction du phosphomolybdate

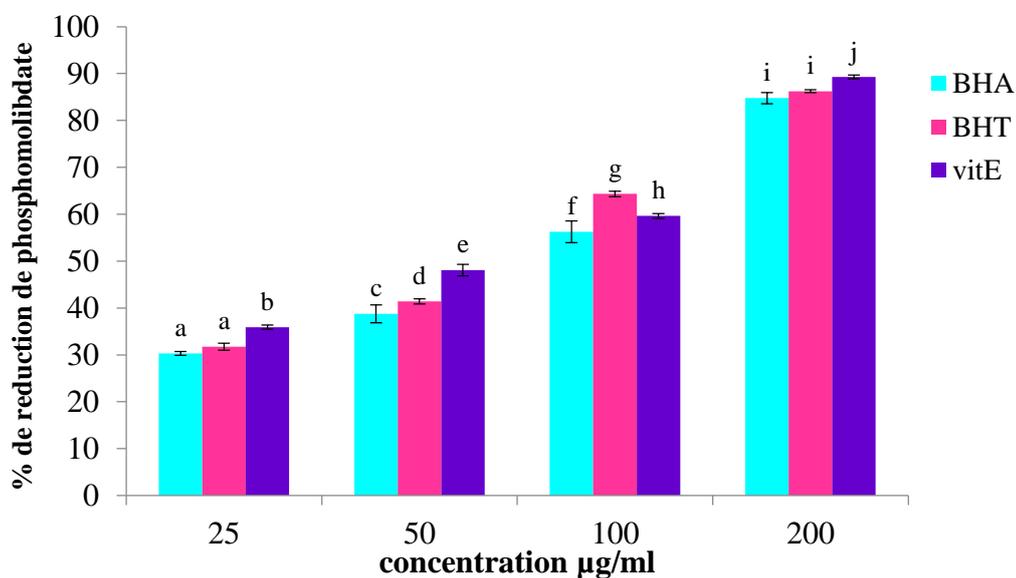
Les résultats du test (Figure N° 45) montrent qu'il existe une relation proportionnelle entre le pourcentage de réduction du molybdate et la concentration des extraits. Les analyses statistiques révèlent que quel que soit la concentration des différents extraits elle existe une différence significative ($P < 0,05$) entre ces extraits pour une même concentration.

Cependant, tous les extraits ont montré une meilleure activité réductrice de molybdate à une concentration de 1000 µg/ml.



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

FigureN° 45 : Pouvoir réducteur du phosphomolybdate des extraits des yaourts à différentes concentrations



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

FigureN° 46 : Pouvoir réducteur du phosphomolybdate de BHA, BHT et vit E à différentes concentrations

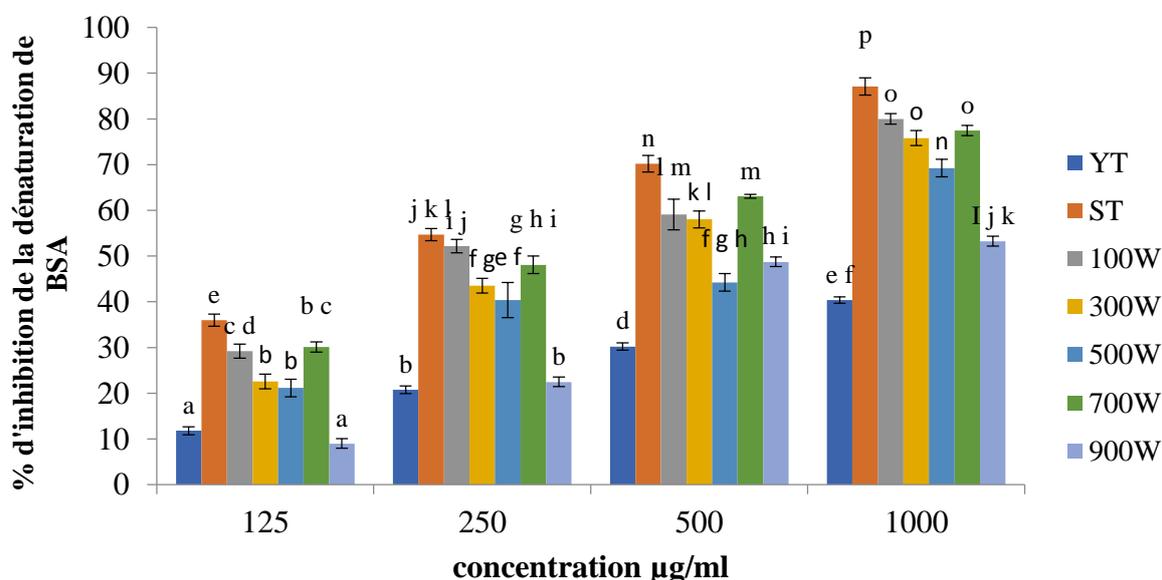
Dans ce travail, nous avons comparé le pourcentage de réduction, exprimé en concentration inhibitrice à 50% (IC50), des extraits éthanoliques des yaourts étudiés à celui de

la BHA, BHT et vit E (Figure N°46). Les résultats obtenus [Tableau XII] montrent que les standards (BHA, BHT et vit E) présentent une meilleure efficacité réductrice que les extraits des yaourts.

Tableau XII : Résultats des IC₅₀ pour le test du pouvoir réducteur phosphomolybdate d'ammonium

Extraits et standards	YT	YST	Y100W	Y300W	Y500W	Y700W	Y900W	BHA	BHT	Vit E
IC ₅₀ (µg/ml)	1954,29	319,72	529,70	746,35	874,10	371,46	1187,08	64,21	56,70	50,72

II.8. Activité anti-dénaturant des protéines

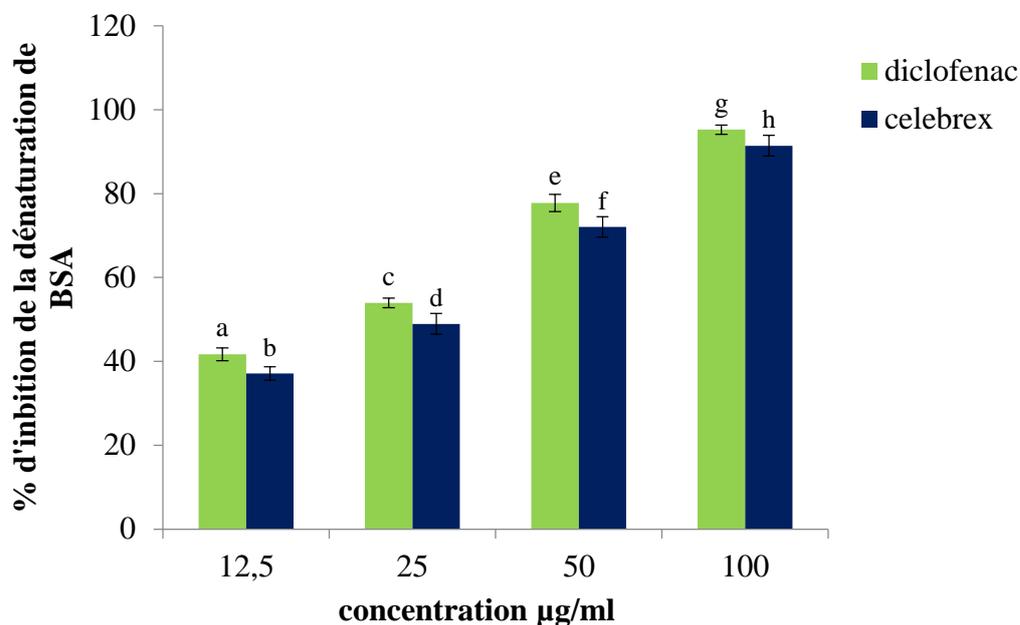


Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

Figure N°47 : Pourcentages d'inhibition de la dénaturation de BSA des extraits analysés.

La variation des taux d'inhibition pour les différents (extraits) est augmentée proportionnellement en fonction de la concentration. De plus, il s'est avéré que le pourcentage d'inhibition de la dénaturation par l'extrait de yaourt enrichie avec la poudre sans traitement (ST) est supérieur comparativement aux autres extraits des yaourts analysées ; et malgré le changement des concentrations, il reste toujours dominant et atteint le maximum à une concentration de de 1000 µg/ml avec un pourcentage de 87,08 %.

Les résultats obtenus (FigureN°48), qu'il soit par le diclofenac ou le celebrex montrent une activité inhibitrice de 95,23 et 91,39 % respectivement de la dénaturation thermique de BSA à une concentration maximale de 100 µg/ml.



Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$)

FigureN°48: Pourcentages d'inhibition de la denaturation de l'albumine par
Le diclofenac et celebrex

Le diclofenac et le celebrex utilisés comme standards (**Tableau XIII**) ont révélé des valeurs $IC_{50} = 18,56 \mu\text{g/ml}$ et $IC_{50} = 22,30 \mu\text{g/ml}$, respectivement ; donc on constate que leurs effets sont largement supérieurs à ceux des différents extraits testés.

Tableau XIII : Résultats des IC_{50} pour l'inhibition de la dénaturation de la BSA par les extraits et standards testés

Extraits et standards	YT	YST	Y100W	Y300W	Y500W	Y700W	Y900W	Diclofenac	celebrex
IC_{50} (µg/ml)	2058,72	216,08	282,82	357,16	473,71	287,48	731,22	18,56	22,30

II.9. Analyses microbiologiques des yaourts étudiés

Tableau XIV : les résultats des analyses microbiologique

Germe rechercher/ yaourts	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Levure et moisissure	Staphylococcus aureus	Salmonelle
Yaourt témoin	0	abs	abs	0	abs
Y sans T	0	abs	abs	0	abs
Y a 100W	0	abs	abs	0	abs
Y a 300W	0	abs	abs	0	abs
Y a 500W	0	abs	abs	0	abs
Y a 700W	0	abs	abs	0	abs
Y a 900W	0	abs	abs	0	abs
Normes	10UFC/g	Absence	Absence	10UFC/g	Absence

(0) Absence

Nos résultats ne mettent pas en évidence de contamination par les bactéries pathogènes qui se sont avérées absentes. Les sept yaourts sont de qualité microbiologique satisfaisante, suivant les normes fixées par le **J.O.R.A, 1998**, ceci confirme le respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation.

II.10. Analyse sensorielle

La planification expérimentale est une étape fondamentale pour s'assurer que les données collectées sont exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles.

Avant d'effectuer les différents tests sur XL STAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des jurés experts sont rapportées sur un logiciel, la procédure des générations d'un plan d'expérience est lancée.

- Caractérisation du produit.
- Analyse en composantes principales (ACP).
- Classification ascendante hiérarchique (CAH).
- Cartographie de préférence.

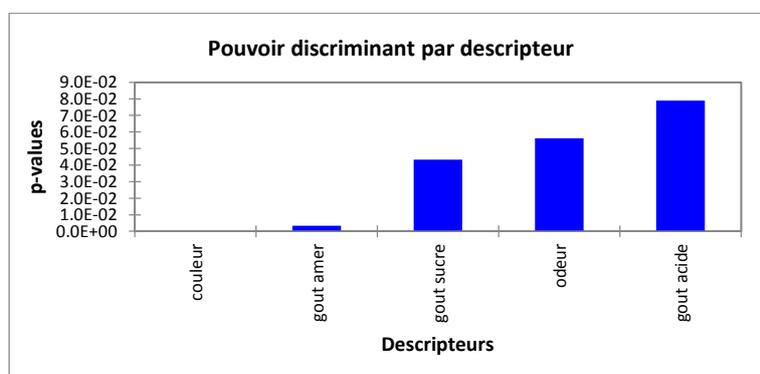
II.10.1. Caractérisation des produits

Ce test permet de caractériser et d'identifier rapidement les produits perçus par le jury. Il s'agit d'identifier, dans le cadre de l'analyse sensorielle, les descriptions qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques importantes.

L'apparition de la couleur bleu, indique que le coefficient du descripteur est positif (apprécié), en rouge, le coefficient est significativement négatif (non apprécié). Alors que la couleur blanche, signifie que les caractéristiques n'ont pas été détectées (moyennement apprécié).

II.10.2. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de présenter l'enchaînement des caractéristiques du produit sélectionné par les dégustateurs dans un ordre de discrimination décroissant. Les résultats de ce test sont présentés dans la figure n°49



FigureN° 49 : Pouvoir discriminant par descripteur

D'après la **figure N°49**, qui montre les descripteurs ordonnés de plus discriminant au moins discriminant sur les six échantillons de yaourt incorporé par la poudre de *Moringa oleifera*.

Les caractères acides, odeurs et le gout sucré, ont un pouvoir discriminant faible. Alors on déduit que les six échantillons dégustés ne sont pas différentes entre eux.

Concernant les caractères gouts amer, les échantillons ont un pouvoir légèrement discriminant. (Ils se diffèrent moins par rapport aux autres)

Cependant, les caractères couleur, sont les plus discriminants. Cela prouve que les experts ont constaté des divergences de ces descripteurs pour les six échantillons préparés avec les différents traitements de la poudre de feuille de MO avec micro-onde (ils sont différents entre eux).

II.10.3. Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XV : Moyennes ajustées par produit.

	couleur	gout amer	odeur	gout acide	gout sucre
B	3,500	1,875	3,500	3,125	1,000
E	3,250	1,875	3,250	3,250	1,000
C	3,250	1,500	3,625	2,750	1,000
D	3,125	1,500	3,500	2,875	1,000
F	3,125	1,875	3,250	2,750	1,000
A	1,000	1,000	2,875	2,750	1,125

Le (**Tableau XV**) des moyennes ajustées par produit permet de faire ressortir les moyennes lorsque les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les cellules en bleu ont une intensité très importante et supérieure à la moyenne, et celles en couleur blanche présentent une intensité moyenne, tandis que pour les cellules rouges, elles ont une intensité négative.

Les caractères couleur, du yaourt présentent une intensité positive et très importante pour les yaourts B, E et C. Car le yaourt B est caractérisé par une couleur fortement intense, est pour le E et C sont moyennement intense.

Dans le yaourt A le goût sucré est absent, et d'une couleur très faiblement intense, et absence de goût amer.

Les caractéristiques des échantillons D et F ne présentent aucune différence avec

II.10.4. Analyse des composantes principales (ACP)

La Figure N°50 permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs Par ACP.

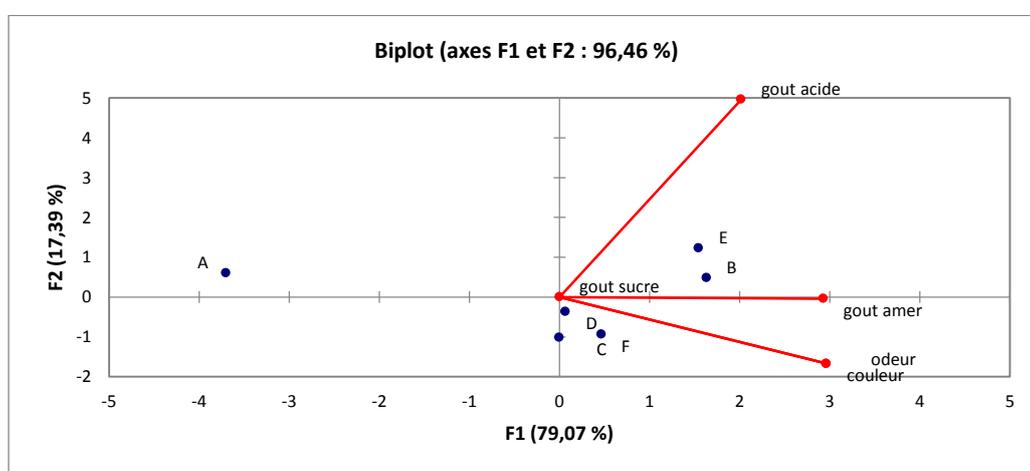


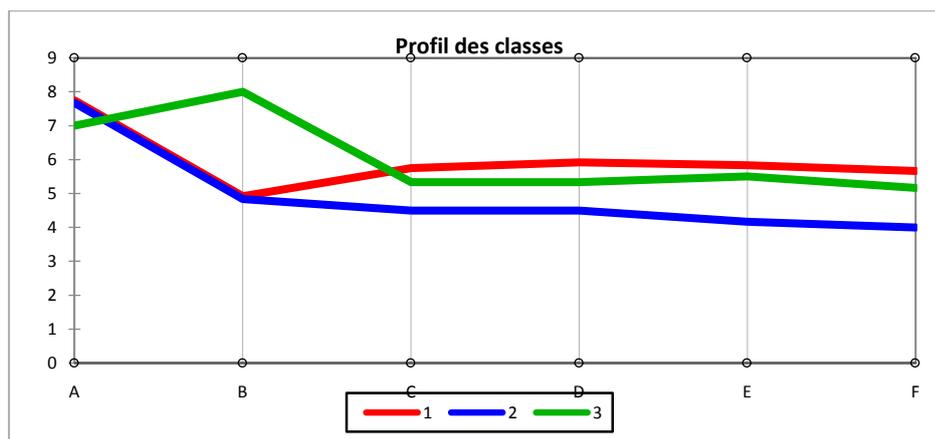
Figure N°50 : Corrélations entre les variables et les facteurs Par ACP.

Il a été constaté que les produits ont été perçus par les dégustateurs comme assez différents vu que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle et qu'un niveau de 96.46 % de la variabilité a été enregistré.

Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique est une méthode de classification qui permet de visualiser le regroupement progressif des données. On peut alors se faire une idée d'un nombre adéquat de classes dans lesquelles les données peuvent être regroupées.

Le graphe donné dans la figure N°51 permet de représenter le profil des classes :



FigureN° 51 : Profil des différentes classes créées.

Le graphe du profil des classes permet de comparer visuellement les moyennes des trois classes créées.

- ✓ La première et la deuxième classe ont presque le même choix car ils préfèrent l'échantillon A après l'échantillon D, E, F et le C est moyennement apprécié suivi par l'échantillon B.
- ✓ La troisième classe elle préfère l'échantillon B suivi de A après il Ya l'échantillon E, suivi de C, D et le F qui est moyennement appréciée.

II.10.5.La synthèse de mapping préférence

classe1	classe2	classe3
B	B	C
E	F	F
F	C	D
C	E	B
D	D	E
A	A	A

Objet	%
A	100%
B	33%
C	0%
D	0%
E	33%
F	0%

D'après les tableaux au-dessus on constate que la classe 1 préfère l'échantillon A suivi de D,C,F,E et B, on ce qui concerne la classe 2 leur préférence commence aussi de A, puit D, E, C, F et B. Et enfin la troisième classe sa préférence par ordre croissant est de A, E, B, D, F puit C.

Et pour le Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet est de 100% pour l'échantillon A , et de 33% pour le B et E, et de 0% pour C, D, F.

II.10.6. Cartographie des préférences

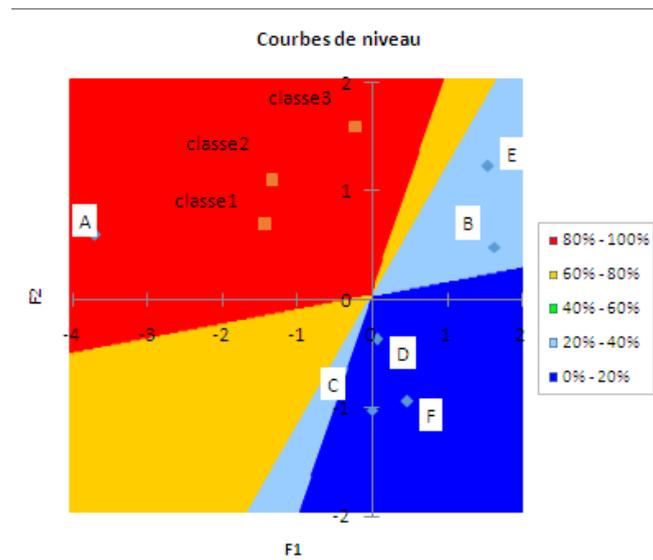


Figure N°52: La cartographie des préférences.

D'après la **figure N°52**, on remarque que les dégustateurs des trois classes favorisent le yaourt A (80% - 100%) qui correspond au yaourt témoin sans incorporation de la poudre de feuille de *Moringa oleifera*, et les autres sont moyennement favorisés.

Notre travail porte d'une part, sur l'étude des paramètres physico-chimiques et propriétés fonctionnelles de la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* traitées au micro-onde à différentes puissances, et de l'autre part, sur la formulation d'un yaourt brassé à base de ces différentes poudres traitées, ainsi que la détermination des paramètres physico-chimiques et fermentaires de ces yaourts élaborés, évaluation des activités antioxydante et anti-inflammatoire des extraits éthanoliques des yaourts préparés et réalisation d'une analyse sensorielles.

Les principales propriétés fonctionnelles utilisées en industrie agroalimentaire sont représentées par les paramètres d'hydratation, la capacité d'absorption d'huile, la propriété moussante, la propriété émulsifiante, le pouvoir gélifiant et la solubilité des protéines (**Farooq et Boye, 2011**).

La capacité à retenir l'huile ou la matière grasse est une caractéristique importante dans la formulation des aliments pour conserver leur saveur et améliorer leur sensation en bouche (**Kinsella et Melachouris, 1976**). Et la capacité de rétention d'eau est l'un des critères qui détermine la qualité sensorielle. En particulier la texture des produits alimentaires. Elles sont liées à la nature et la teneur en protéines, fibres et amidon (**Tiwari et al., 2011b ; Wang et Toews, 2011 ; Vioque et al., 2012**), aussi aux traitements (pH et température), technologiques appliqués. Selon (**Ma et al., 2011**) la différence des résultats obtenue est expliquée par le traitement technologique appliqué sur la poudre des feuilles de *Moringa oleifera*.

La capacité de gélification est déterminée par la concentration minimale de gélification. Cette propriété est dépréciée par le traitement effectué à l'aide d'un micro-onde à une longueur d'onde 900W. Les autres poudres des feuilles de *Moringa oleifera* (non traitée et traitée à 100, 300, 500 et 700W) affichent une capacité de gélification de 16% qui ne s'intègre pas avec l'intervalle de données rapporté par **Sanjeeva et al., (2010)** qui est de 6 à 12%.

La différence dans les propriétés émulsifiante de nos échantillons pourrait être due à la différence de composition en particulier les molécules protéiques qui migrent vers l'interface huile/eau selon (**Lam et Nickerson, 2013**). En outre il peut être dû au traitement appliqué (micro-onde).

Nos données expérimentales ont montré une variation significative ($P < 0.05$) des paramètres physico-chimiques de yaourt non incorporé et des yaourts incorporés au cours du stockage à 4°C. Les valeurs du PH comprises entre 4,6 et 4,5 au 1^{er} jour diminuent au cours du stockage pour atteindre 4,3 et 4,2. L'acidité affiche au contraire une augmentation au cours

des 28 jours de conservation, nos résultats sont en accord avec de nombreux auteurs (**Amellal, 2008 ; Athary et al, 2015**) qui attribuent ces variations à l'activité fermentaire des bactéries lactique. Nous notons une augmentation de la synérèse des yaourts, **Sricuvor et al (2013)** révèle que cette augmentation est due à l'activité protéolytique des bactéries qui hydrolysent les micelles de caséines au cours du temps.

Il est difficile de comparer nos résultats avec les données de la bibliographie en raison de l'influence de divers facteurs : l'origine géographique de l'échantillon, procédé d'extraction, origine géographique, mode de séchage (micro-onde) et condition de stockage (**Benchikh et al., 2014**).

Les résultats de la teneur en phénols solubles totaux, tanins condensés et flavonoïdes de nos extraits indiquent que *Moringa oleifera* est riche en composés phénolique. Selon les données de la littérature, les feuilles de *Moringa oleifera* sont connus pour être riches en composés phénoliques (**Kasolo et al., 2010 ; Moyo et al., 2011 ; Baba et al., 2015**).

la présence de diverses classes de composés phénoliques dans les yaourts incorporés avec la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* révélés par les dosages sont nettement inférieures avec les données de **Kaslo et al.,(2010)** qui ont travaillé sur les extraits de poudre de la même plante cela peut être expliqué par le taux d'incorporation de cette poudre dans les yaourts préparés qui est de 1%, aussi par le traitement micro-onde. Les teneurs en phénols totaux solubles et en flavonoïdes sont inférieurs à celles rapportées par **Charoensin. (2014) et Makkar et Becker. (1996)** respectivement qui ont obtenus une valeur de 216.45 mg Eq AG/100g MS pour les phénols totaux et 1,63 mg Eq Q/100g MS pour les flavonoides.

La teneur en phénols totaux solubles est très importante dans l'extrait non traité par rapport aux teneurs trouvés dans les extraits des yaourts incorporés avec des poudres traités au micro-onde, la diminution est constaté à partir de 100W jusqu'à 500W, ce qui correspond aux résultats observés avec les flavonoïdes. Cela est dû à la dégradation de ces composés sous l'effet des fortes radiations des micro-ondes (**Zhang et al., 2013**). **Mittal et al. (2013)** affirme que les hautes puissances de séchage influent négativement sur la qualité phénolique. Par contre une augmentation des teneurs de ces composés a été enregistrée dans l'extrait du yaourt enrichie avec la poudre traitée à 700W, ce qui peut être expliqué par la courte durée de séchage qui n'a pas permis la dégradation des composés phénolique. **Selon Arslan and Özcan (2010)**, le court laps de temps requis pour le séchage pourrait avoir augmenté la teneur en composés phénoliques des échantillons. Les mêmes auteurs ont aussi rapporté que le séchage accélère la libération des composés phénoliques liés lors de la décomposition des

constituants cellulaires. **Dong et al. (2011)** ont signalé que la puissance des radiations et la durée du séchage par micro-onde ont une influence sur la composition phénolique.

L'évaluation de l'activité anti-oxydante des extraits des yaourts enrichis avec la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* a révélé un potentiel anti-oxydant important. **Chumark et al. (2008)** et **Verma et al. (2009)** rapportent que les extraits de feuilles de *Moringa oleifera* présentent in vivo et in vitro une forte activité anti-oxydante. Les résultats des différents tests utilisés dans cette étude (chélation du fer, blanchiment du B-carotène, pouvoir reducteur) montrent une meilleure activité anti-oxydante dans les extraits des yaourts enrichis avec la poudre sans traitement, puis on a marqué une diminution pour les extraits traités au micro-onde à des puissances de 100, 300 et 500W par contre, on a constaté une augmentation à 700W ce qui est corrélé avec les résultats des différentes classes de composés phénoliques. De nombreuses recherches ont démontré qu'il y a une corrélation entre les activités anti-oxydante et les composés phénoliques (**Bidie et al., 2013; Hrenovic et al., 2012**).

La dénaturation des protéines est l'une des causes bien connues de l'inflammation et conduit à diverses maladies inflammatoires dont l'arthrite. Par conséquent, la capacité d'une substance à inhiber la dénaturation des protéines signifie un potentiel apparent d'activité anti-inflammatoire (**Habibur et al., 2015; Osman et al., 2016**). D'après les résultats des IC_{50} obtenus, on peut supposer que l'extrait des feuilles de *Moringa oleifera* étudiés a une activité anti-inflammatoire importante vu de sa capacité à inhiber la dénaturation des protéines. **Zhang et al. (2011)** ont révélé une corrélation entre les teneurs en composés phénoliques et l'activité anti-inflammatoire de quelques plantes médicinales.

Les résultats des analyses microbiologiques des yaourts enrichis montrent clairement leur parfaite conformité aux normes et exigences réglementaires. Nos résultats nous montrent l'absence de bactéries pathogènes.

L'analyse sensorielle réalisée sur nos échantillons révèle que l'incorporation de *Moringa oleifera* dans le yaourt brassé n'a pas amélioré le goût de ce dernier, notant que le yaourt non incorporé en poudre de *Moringa oleifera* est fortement apprécié par les 8 jurés experts. Ces résultats sont opposés à ceux observés par **Salem et al., (2015)**; **Badoms et al., (2014)**, qui ont indiqué que les échantillons de yaourt (produit laitier) conservés avec des extraits éthanoliques de feuilles de *Moringa* étaient les plus acceptables pour les consommateurs.

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet de l'incorporation de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* traité au micro-onde à différentes puissances et non traité dans la formulation d'un yaourt brassé.

L'addition de poudre de feuilles de *Moringa oleifera* favorise l'activité bactérienne productrice d'acide lactique et qui s'accompagne d'une diminution du pH 4.74 (sans traitements) à 4.37 (traité à 900w).

Cette étude révèle que *Moringa oleifera* a conféré au yaourt incorporé une augmentation en phénols totaux solubles de 0.93 (témoin) à 10.74 (yaourt enrichie de poudre sans traitements) et de 7.36 pour le yaourt traité à 700 w, accompagnée d'une augmentation de son activité antioxydant obtenu par le test de chélation de fer ferreux de 14.02 (témoin) à 25.93 de (900w), pour le blanchiment de B-carotène 32.63 (900w) à 68.60 pour le sans traitements.

L'activité réductrice du fer ferreux et de molybdate a montré que les IC50 les plus bas pour ses deux tests son de l'ordre de 324,30 µg/ml pour l'extrait sans traitement et 371,46 µg/ml pour le traité à 700W respectivement. Une forte activité anti-inflammatoire a été exhibée par les extraits des yaourts enrichis par rapport au yaourt témoin.

La qualité microbiologique du yaourt incorporé par *Moringa Oleifera* est satisfaisante et ne présente pas de pathogénicité particulière.

Toutefois l'analyse sensorielle nous a révélé une moindre acceptabilité du yaourt brassé incorporé par la poudre de *Moringa Oleifera* par rapport au témoin. Cet inconvénient pourrait être pris en charge par l'étude de l'effet éventuel de traitements à même de corriger les problèmes de goût ou combiner cette utilisation avec l'incorporation d'arômes naturels.

Les résultats obtenus méritent d'être poursuivis et approfondis pour préciser les conditions et modalités d'utilisation de *Moringa oleifera* dans les produits laitiers et valoriser ses nombreuses potentialités :

- De nombreuses analyses seraient nécessaires pour mieux connaître les valeurs nutritionnelles de ce yaourt
 - Etudier l'effet de taux plus élevés de poudre de *MO* sur la qualité du yaourt.
 - Mesure des propriétés rhéologiques des yaourts.
 - Effectuer des recherches plus approfondie sur le pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire et d'autres effets thérapeutiques.
 - Améliorer la qualité sensorielle du yaourt enrichi avec *Moringa Oleifera* .

Annexe I

Les courbes d'étalonnage

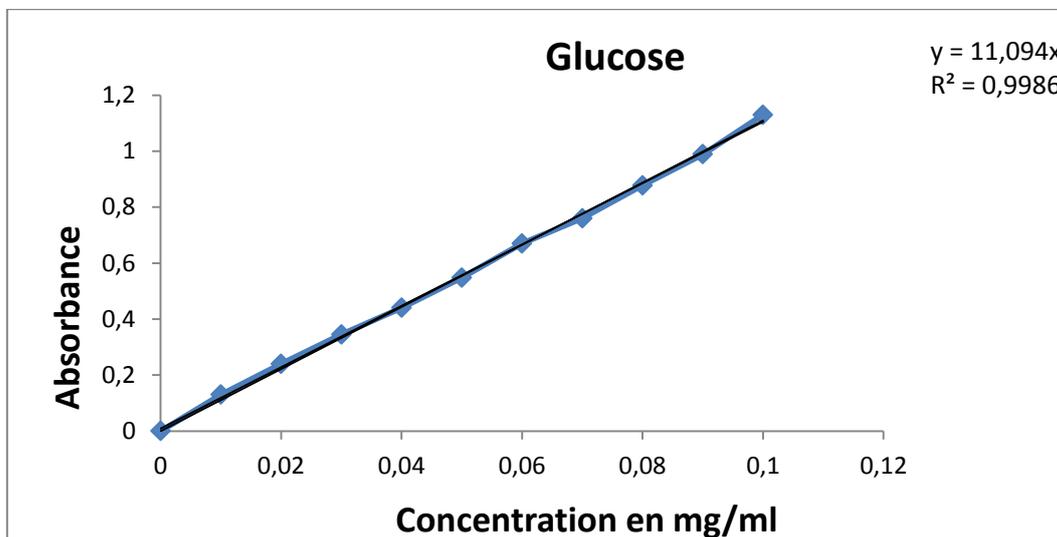


Figure N°01 : Courbe d'étalonnage de dosage de sucres totaux

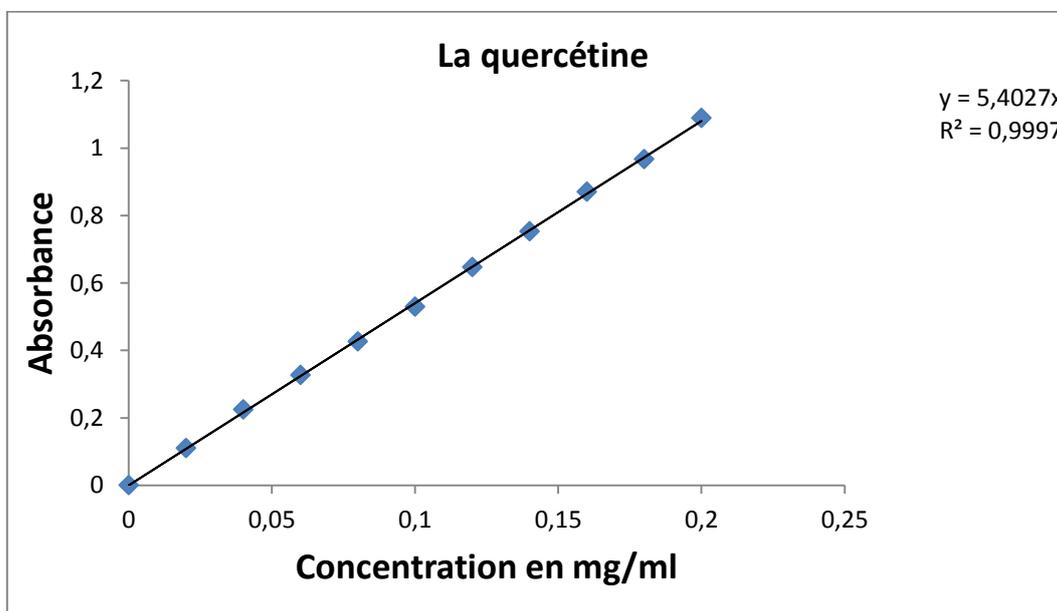


Figure N°02 : Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes

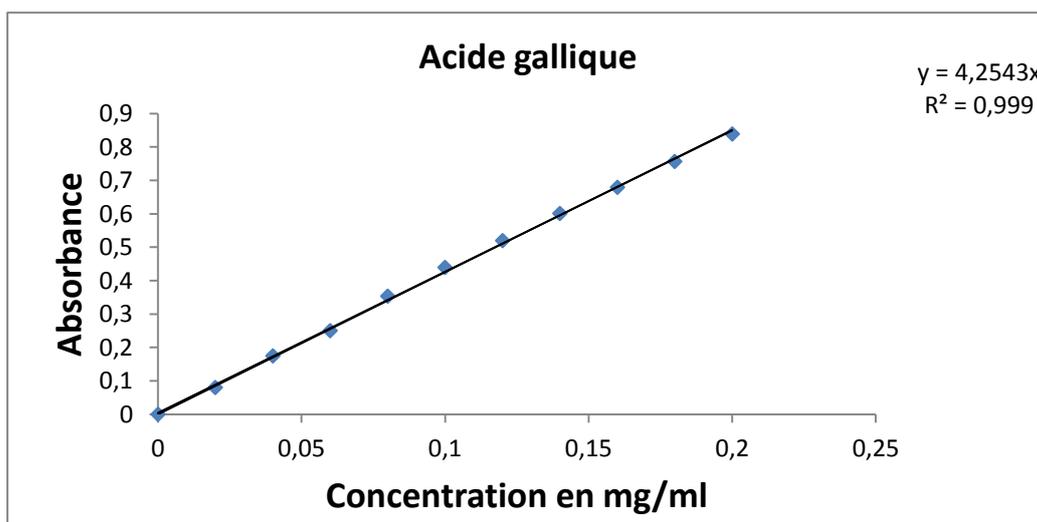


Figure N°03 : Courbe d'étalonnage de dosage des phénols totaux soluble

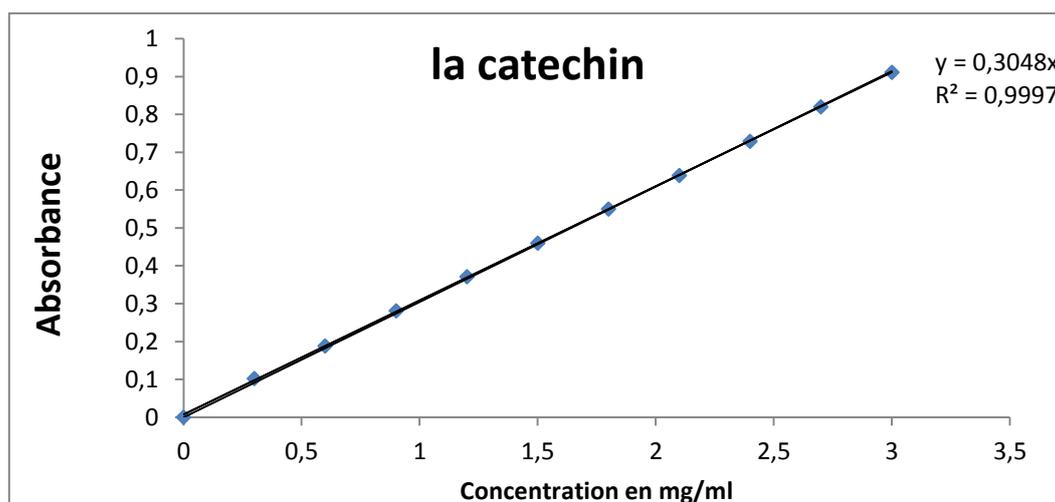


Figure N°04 : Courbe d'étalonnage de catéchine

Annexe II

Préparation des solutions

Solution	Réactifs
Folincioalteau 1/10	10 ml de folincioalteau à +90ml d'eau distillée
Ferricyanure de potassium (K ₃ Fe(CN) ₆) 1%	1 g (K ₃ Fe(CN) ₆) dans 100 ml ED
Acide trichloracétique (TCA) 10%	10 g de TCA dans 100 ml de ED
Solution de NaOH 0.1N	2 g NaOH dans 500 ml d'eau distillée
Ferrozines 5mM	0,123g ferrozines dans 50 ml d'eau distillé
Solution vanilline-HCl	5,8 g vanilline + 100 ml méthanol 64,86 ml + 100 ml de ED
Chlorure ferrique (FeCl ₃) à 0,1%	0.1g de FeCl ₃ dans 100 ml d'eau distillée.
Réactif de phénolphtaléine	0.5 g de phénolphtaléine dans 50 ml de l'eau distillée et 50 ml l'éthanol
Acide sulfurique (H ₂ SO ₄) à 0.255N	7ml H ₂ SO ₄ 96-98% ajustés à 1000ml avec l'eau distillée
Chlorure d'Aluminium (AlCl ₃ 2%)	2g AlCl ₃ .6H ₂ O dans 100ml de méthanol
Solution NaCl	9 g dans 1000 ml l'eau distillée
Solution de carbonate de sodium 7,5%	7,5 g de la poudre de Na ₂ CO ₃ dans 100ml de ED
Ethanol 80%	100ml du éthanol pure + 28.59 ml d'eau distillée.
Tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6)	0.68 gde KH ₂ PO ₄ (acide) dans 100ml d'eau distillée 0.87 g de K ₂ HPO ₄ (basique) dans 100ml d'eau distillée La solution acide est ajustée avec la Solution basique jusqu'a l'obtention d'un PH=6.6
Réactif de bouchardat	2g de l'iode bisubliné (I ₂) +2 g de KI ajusté a100 ml de l'eau distillée.
FeCl ₂ a 2 mM	0.025g de ml de FeCl ₂ 2H ₂ O dans 100 ml ED
BHA	0.0002 mg dans 100 ml d'éthanol
BHT	0.0002 mg dans 100 ml de d'éthanol
Vitamine E	0.0002 mg dans 100 ml de d'éthanol

Annexe III

Préparation des milieux de culture

PCA : Plate count agar : suspendre 23.5 g dans 1l d'eau distillé, chauffer jusqu'à dissolution complète, autoclave à 121°C/ 15 min.

OGA : Dissoudre 33g dans un litre d'eau distillé, autoclaver 15 min à 121°C.

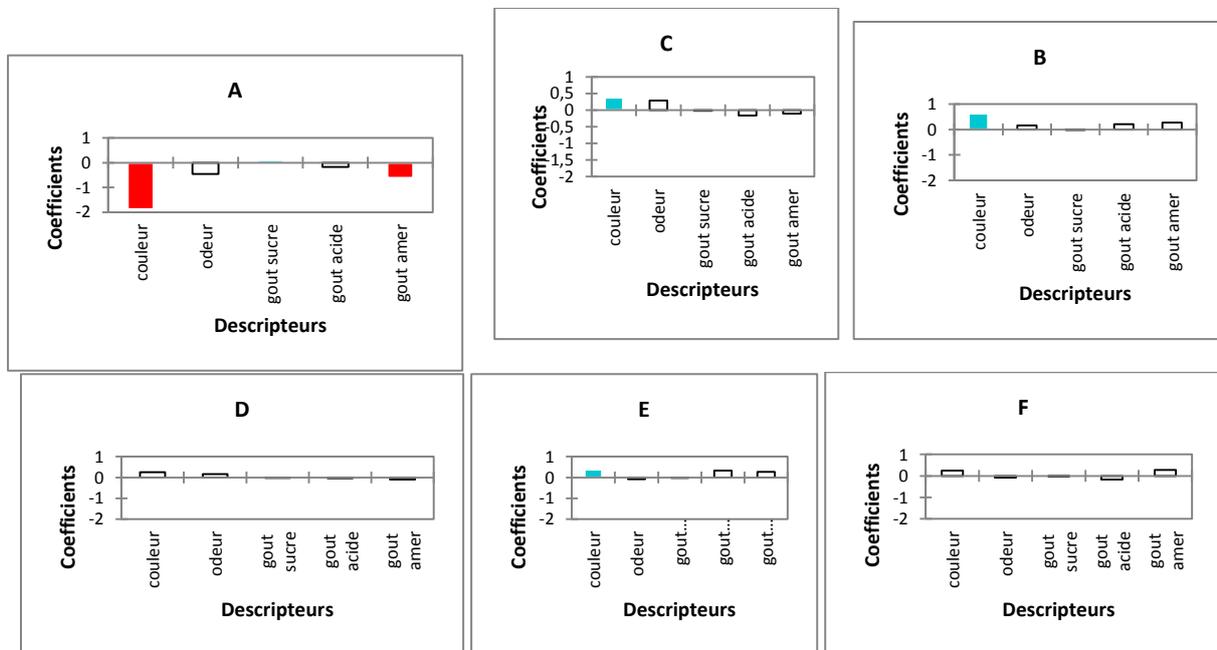
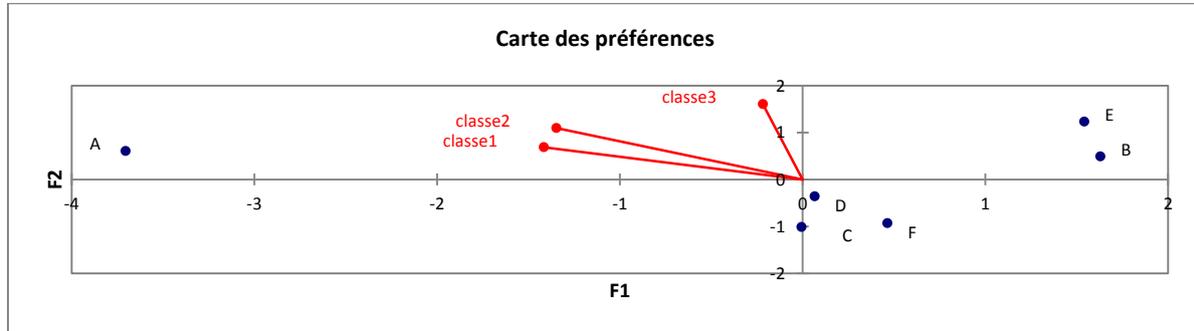
VRBL : Violet red bile agar, suspendre 48.25g dans 950 ml d'eau distillé, chauffer jusqu'à ébullition, autoclaver à 121°C / 15 min.

Hecktoen : Mettre en suspension 75.1g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée ou déminéralisée ; ébullition sous agitation constante jusqu'à dissolution, ne pas autoclaver, refroidir et maintenir le milieu à 44-47°C

Chapman : Dissoudre 111g dans 1L d'eau distillé jusqu'à ébullition, repartir en flacon puis autoclaver à 121°C/15 minute.

Annexe IV

Analyse sensoriale



**Questionnaire d'évaluation sensorielle de six échantillons
Du yaourt brassé**

Nom : ; Prénom : ; Age : ; Date :/...../..... ; Sexe :

Six échantillons de yaourt brassé vous sont présentés, il vous demandé d'évaluer la couleur, l'odeur et la consistance quand on mélange de chaque échantillons en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée.

Analyse sensorielle :

1- Couleur :

- a. Selon l'intensité de la couleur verte, attribuez une note de 1 à 5 sur l'échelle suivante pour chaque échantillon et cocher la case correspondante :

1 très faiblement intense ; 2 faiblement intense ; 3 moyennement intense ; 4 fortement intense ; 5 très fortement intense

Echantillon	Note de 1 à 5	Couleur foncé	Couleur moyenne	Couleur clair
A				
B				
C				
D				
E				
F				

- b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la couleur :

A	B	C	D	E	F

2- Odeur :

- a. Selon le degré d'appréciation de l'odeur, attribuez pour chaque échantillon une note de 1 à 5 sur l'échelle suivant et cocher la case correspondante:

1 Absente ; 2 faible ; 3 moyenne ; 4 forte

A	B	C	D	E	F

b. Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'odeur :

A	B	C	D	E	F

3-gout :

a- Gout sucrée :

1 absent ; 2 faible. ; 3 moyenne. ; 4 fort. ; 5 très fort.

A	B	C	D	E	F

b- Gout acide :

1 absent ; 2 faible ; 3 moyenne ; 4 fort ; 5 très fort.

A	B	C	D	E	F

c- Gout amer :

1 absent ; 2 faible ; 3 moyenne ; 4 fort ; 5 très fort.

A	B	C	D	E	F

Attribuez une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport au gout :

A	B	C	D	E	F

Merci pour votre participation.

A

AbdElmoneim O. Elkhalifa , Rita Bernhardt .2010. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. *Food Chemistry* 121: 387–392.

Adolfsson O., Meydani S.N., Russell, R.M., 2004. Yogurt and gut function. *The American journal of clinical nutrition* 80, 245-256.

Agroconsult H (2016), Analyse des potentialités de l'Exploitation du Moringa en Haiti , Rapport final, banque de la république d`Haiti,191p.

Alarcão-E-Silva M .L.C.M.M.,LeitãoA .E.B., Azinheira H.G., Leitão M.C.A. (2001).The arbutus berry :Studies on its color and chemical Characteristics at two Mature Stages. *Journal of Food Composition and Analysis* 14: pp27-35.

Albrecht R. (1994). Aspects nutritionnels de la protection antiradicalaire. *Médecine et Nutrition*, 111, 19-24.

Amellal née chebane Hayat ,2008.Aptitude Technologiques de Quelques Variétés Communes de Dattes : Formulation d'un yaourt Naturellement sucré et Aromatisé.

Anonyme 1, (2018): Consulté le lien suivant: <http://www.musee-afrappier.qc.ca/fr/>

AOAC. 1975. Official Methods of Analysis. 12 Ed. Association of official analytical chemists. AOAC Washinton, D.C.

Arslan D., Özcan, M.M., 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-food science and technology* 43, 1121-1127.

Atakpama W., Kponor E. G. E., Kanda M., Dourma M., M'tékounm, N.,Batawil K., and Akpagana K. (2014). "Moringa oleifera Lamarck(Moringaceae): une ressource phylogénétique à usage multiple." *Sciences de la vie, de la terre et agronomie*, 2(1).

Atanasova M., Ribarova F. (2009) . Phenols et flavonoïdes totaux dans les extraits secs des feuilles des bouleaux argentés bulgares (*Betula pendula*), *Revue de génie industriel*, 4, 21-25.

B

Baba M. D., Yakubu G., Yelwa, J. M., and Haruna, L. (2015). "Costs and Returns of Moringa (*Moringa oleifera*) Production in Zuru Local Government Area of Kebbi State, Nigeria." *New York Science Journal*, 8(1), 36-40.

Bahri-Sahloul, R., Ammar S., Fredj R., Saguem, S., Grec, S., Trotin, F., Skhiri, F. (2009). Polyphenol contents and antioxidant activities of extracts from flowers of two *Crataegus azarolus* L. varieties. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 12(9): 660.

Basli A. , Chibane M., Madani K., Oukil N. (2012). Activité antibactérienne des polyphénols extraits d'une plante médicinale de la flore d'Algérie : *Origanum glandulosum* Desf. *Phytothérapie*.10:2–9.

Benítez V., Cantera S., Aguilera Y., Mollá, E., Esteban R. M., Díaz M. F., and Martín-Cabrejas, M. A. (2013). "Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes." *Food Research International*, 50(1), 64-69.)

Benkhelfellah R, Sofiane El M, Miri R et Belhamel M. (2005). Séchoirs solaires. Etude comparative de la cinétique de séchage des produits agroalimentaires dans des modèles de type direct et indirect, Tanger, Maroc. 262 p.

Berger M, M. (2006). Manipulation nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 20, 48-53.

Bergmaier D. (2002). Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *LB. Rhamnosus* RW-9595M d'un milieu à base de perméat de lactosérum, Québec: Université Laval.

Bidie A., N'guessan B., Yapo, A., N'guessan J., Djaman A., 2013. Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. *Sciences & Nature* 8, 1-12.

Bourgou S.,Ksouri R.,Bellila A.,SkandraniI.,Faller H.et Marzouk B.2008.Phenolic Composition and Biological activities of tunisian *Nigella Sativa* .*Shoots and roots Comptes Rendues Biologies*,33(1):48-55.

Broin M. (2005). "Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*". City: Moringanews.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} édition Lavoisier. Paris. 1120p.

Bruneton J. (2009).Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales. Lavoisier, 367-420.

Bruzzone F., Ares, G., Giménez A., 2013. Temporal aspects of yoghurt texture perception. *International Dairy Journal* 29, 124-134.

Bui Thanh T., Vu Duc, L., Nguyen Thanh H. et Nguyen Tien, V. (2016). In vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of isolated compounds of ethanol extract from *Sanchezia speciosa* Leonard's leaves. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*.

Burillard L., Daumas, V., Glaz, M., Kouyoumdjian I., Lobrot, S., Logier D., Mallot, N., Marchand, C. (2016), la fermentation alimentaire.

C

Cai Y., Luo Q., Sun M., Corke H., 2004. Antioxidant activity phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Science* 74: 2157-2184.

Charoensin S. (2014). Antioxidant and anticancer activities of *Moringa oleifera* leaves. *Journal of Medicinal Plant Research*, 8(7) : 318-325.

Chau C., and Cheung P. (1998). "Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds." *Food chemistry*, 61(4), 429-433.

Chau C.-F. and Y.-L. Huang.(2003). "Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng." *Journal of Agricultural and Food chemistry* **51**(9): 2615-2618.

Cillard J. and Cillard P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. *Oléagineux Corps Gras Lipides*, 13 (1) : 24-29.

Classeau P., (2010). Technologie laitière. Fabrication du yaourt à la ferme.

Corrieu G., Luquet F M.(2008) bactéries lactiques de la génétique aux ferments. Ed. Lavoisier. Paris. France, pp 472 -849

D

De Reynal B et Multon J.- L. (2009). Aditifs et auxiliaire de fabrication dans les industries agroalimentaires. Lavoisier: 190.

De Saint Sauveur A., and Broin M. (2006). "L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera*

contre les carences alimentaires: un potentiel encore peu valorisé." *Atelier international «Moringa et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel: Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique»*. Accra, Ghana.

Delorme C.(2008) : Safety assessment of diary microorganisms : streptococcus thermophilus. *International journal of food microbiology*.126 :274-277.

Deshpande S. S., Cheryan M., et Salunkhe D. K. 1986. Tannin analysis of food products. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 24 (4): 401–449.

Dong, J., Ma, X., Fu, Z., Guo, Y., 2011. Effects of microwave drying on the contents of functional constituents of *Eucommia ulmoides* flower tea. *Industrial Crops and Products* 34, 1102-1110.

E

Elkhalifa A. E. O., and Bernhardt, R. (2010). "Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour." *Food chemistry*, 121(2), 387-392.)

Enel ES., Atamer M., Gursoy A., et Ozetekin FS., (2011). Changes in some properties of strained (suzme)gaot's yoghurt during storage. *Small Ruminant Research*, 99171-177.

Espirito-Santo AP., Silva RC., Soares FASM., Anjos D., Gioielli LA. Et Oleivera MN.2010.Açaí pulp addition improves fatty acid profile and probiotic viability in yoghurt. *IntDairy J*,20:415-422.

F

Fahey J. W. (2005). "*Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1." *Trees for life Journal*, 1(5), 1-15.

FAO (1975) Norme FAO II.

Farooq Z., and Boye, J. I. (2011). "Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions-11."

Ferreira P.M.P., Carvalho A.F.F.U., Sousa D.F., Ferreira J.M., Martins A.R., Martins A.M.C., et Queiroz M.G.R. 2007. Water extract of *Moringa oleifera* seeds : a toxicological approach. *Revista Eletrônica Pesquisa Médica*, 1 (4) : 45 – 53.

Fiszman S. M., Lluch, M. A., Salvador A. 1999. Effect of addition of gelatine on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. *International Dairy Journal*, 9, 895-901.

Foidl N., Makkar H. and Becker K. (2001). "Potentiel de *Moringa oleifera* en agriculture et dans l'industrie." *Potentiel de développement des produits de Moringa. Dar es-Salaam, Tanzanie, du 29 octobre au 2 Novembre 2001.*

Fuglie L. J. 2001. Combating malnutrition with Moringa. Development potential for Moringa products. Dar es Salaam, Tanzanie.

Fuglie L.J. (2002). Noms vernaculaires du *Moringa oleifera*. L'arbre de la vie, Les multiples usages du *Moringa*. Wageningen: CTA :163-167.

G

Georges corrieu et Luquet FM. (2008). Bactéries lactiques. De la génétique aux ferments. Ed: Lavoisier, Pp 549.

Gosta B. (1995). Produit laitiers de culture. In .Manuel de transformation du lait. Ed: téta pack processing systems AB. Sweden .pp.241-262.

Goyal B. R., Agrawal B. B., Goyal R. K., and Mehta, A. A. (2007). "Phyto-pharmacology of *Moringa oleifera* Lam.—an overview."

Guignard, J, L. (2000). Les composés phénoliques. Biochimie végétale. 2^{ème} Edition Dunod, Paris, P:160 -164.

Guignard J.L. 2001 .In *Botanique systématique moléculaire. 12ème Edition Masson* (Paris). 304.

Guiraud J. et Galzy P. (1980). L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. Edition l'usine. 119p.

H

Habibur Rahman., Chinna Eswaraiah, M. et Dutta, A.M. (2015). In-vitro antiinflammatory and anti-arthritic activity of *Oryza sativa* Var. Joha Rice (An Aromatic Indigenous Rice of Assam). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, 15 (1): 115-121.

Hadi M. (2004). La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres ; études et applications thérapeutiques : Chapitre I. Thèse doctorat .pp : 13-28.

Hagerman A. E. 2002. Tannin chemistry. Tannin Handbook. 86: 104 -105.

Hêdji C., Gangbazo K. D. N.S., Houinato M. R. et Fiogbé E. D. 2014. Valorisation de *Azolla spp*, *Moringa oleifera*, son de riz, et de co-produits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique. *Journal of Applied Biosciences*. 81: 7277–7289.

Heller W, Forkmann, G. (1993). The flavonoids. Advances in research since 1986. In Harborne JB. Secondary Plant Products. Encyclopedia of plant physiology. Ed. Chapman & Hall, London, 399-425.

Hrenovic J., Milenkovic, J., Daneu, N., Kepcija, R.M., Rajic, N., 2012. Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles supported onto natural clinoptilolite. *Chemosphere* 88, 1103-1107.

Hols P., F. Hancy, et al.(2005). "New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics." *FEMS microbiology reviews* 29(3): 435-463.

Hopkins W.G. 2003. Physiologie végétale. 2ème édition américaine, de Boeck et Lancier S. A. Paris. p. 514.

I

Irénée modeste bidina.(2016). Production et transformation du moringa. Page 04

Izquierdo-Alegre E. (2009). Les protéines bactériennes en tant que bio-marqueurs de l'activité probiotique. Thèse de Doctorat en chimie analytique. L'Université de Strasbourg, France, p 215

J

Jabri-Karoui, I., I. Bettaieb, et al. (2012). "Research on the phenolic compounds and antioxidant activities of Tunisian *Thymus capitatus*." *Journal of functional foods* **4**(3): 661-669.

Jie Ju., Hao Bai., Yongmei Zheng., Tianyi Zhao., Ruo Chen Fang & Lei Jiang (2012). A multi-structural and multi-functional integrated fog collection system in cactus. *Natur communication* **3**, Article number: 1247.

K

Kinsella J. E., and Melachouris, N. (1976). "Functional properties of proteins in foods: a survey." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, **7**(3), 219-280.

Koehler-Ramonatxo C. (2006). Oxygen, oxidative stress and antioxidant supplementation, or an other way for nutrition in respiratory diseases. *Nutrition Clinique et metabolisme*, **20**, 165-177.

Kooltheat N., Sranujit R. P., Chumark P., Potup P., Laytragoon-Lewin N. and Usuwanthim K. (2014). An ethyl acetate fraction of *Moringa oleifera* Lam. Inhibits human macrophage cytokine production induced by cigarette smoke. *Nutrients*, **6** (2) :697-710.

Kasolo J. N., G. S. Bimenya, et al. (2010). "Phytochemicals and uses of *Moringa oleifera* leaves in Ugandan rural communities." *Journal of Medicinal Plants Research* **4**(9): 753-757.

Kumari D. 2010. Hypoglycemic effect of *Moringa oleifera* and *Azadirachta indica* in type-2 diabetes. *Bioscan*. **5**: 211-14.

L

Lamaison J. et Carnet, A. (1990). Contents in main flavonoid compounds of *Crataegus monogyna* Jacq and *Crataegus laevigata* (Poiret) DC flowers at different development stages. *Pharmaceutica Acta Helvetica*, **65**:315-320.

Lamontagne M., Claude P., Champagne C.P., Moineau S., Gardner N. et Fiss I. (2002). Microbiologie du lait. In : Science et technologie du lait. Ed. Fondation de technologie laitière du Québec Inc. ST. Laurent. Ecole polytechnique de Montréal. PP : 89-90.

Laleye O. A. F., Ahissou H., Olounlade, A. P., Azando, E. V. B., and Laleye, A. (2015). "Etude bibliographique de trois plantes antidiabétiques de la flore béninoise: Khaya

senegalensis (Desr) A. Juss (Meliaceae), Momordica charantia Linn (Cucurbitaceae) et Moringa oleifera Lam (Moringaceae)." *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(5), 2682-2700.

Le K., Chiu, F., Ng, K. (2007). Identification and quantification of antioxidants in Fructus lycii. *Food Chemistry*.105. 353–363.

Li H., Wang X., Li Y., Li P., Wang H. 2009. Polyphenolic compounds and antioxidant properties selected chine wines. *Food Chemistry*, 112:454-460.

Loones, A., (1994) le lait fermentés par les bactéries lactiques, Loricia édition : 139-144.

Luquet F.M. et Carrieu G., (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Techniques et documentation. Edi Lavoisier, Paris. 307.

Luzzana L., Agnellini D., Cremonisi P., Caramenti G. et Devita S. (2003). Milk lactose and lactulose determination by the differential pH technique. *Le lait*, 83, pp 409-416.

M

Ma Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D., and Malcolmson, L. (2011). "Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours." *Food Research International*, 44(8), 2534-2544.

Macheix, J, J.; Fleuriet, A., Sarni-Manchado, P. (2006). Composés phénoliques dans la plante, structure, biosynthèse, répartition et rôle. In : Les polyphénols en agroalimentaire. Edition Technologie et document. Paris, 380-398.

Madi et al.J. Appl. Biosci. 2012. Utilisations et importance socio-économiques du Moringa Oleifera au Maroua ,Cameroun *Journal of Applied Biosciences* 60: 4421– 4432 ISSN 1997–5902) Utilisations et importances socio-économiques du Moringa oleifera Lam. en zone de savanes d’Afrique Centrale. Cas de la ville de Maroua au Nord-Cameroun.)

Mahaut M, Jeantel R, Brulé G et schuck P, (2000). Les produits industriels laitiers. Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. Pp 26-37-31-33-200.

Makkar H., & Becker K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the Moringa oleifera tree. *The Journal of Agricultural Science*, 128(03), 311-322.

- Makkar H., and Becker K. (1996).** "Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves." *Animal feed science and technology*, 63(1-4), 211-228.
- Marfak A. (2003).** Radiolyse gamma des flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de desides. Thèse de docteur, université de limoges.
- Martin S. et Andriantsitohaina R. (2002).** Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Annales de Cardiologie et d'Angéiologie*, 51: 304-315.
- Marty-Teyssset, C., F. De La Torre, et al.(2000).** "Increased Production of Hydrogen Peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* upon Aeration: Involvement of an NADH Oxidase in Oxidative Stress." *Applied and environmental microbiology* 66(1): 262-267.
- Maskan M. (2001).** Drying, Shrinkage and rehydratation characteristics of Kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*. (48): 177-182.
- Mehdi Athary, Mohammad Reza Saeidiasl, Amir Hossein Elhamirad and Mohammad Armin.2015** .Production of Non-Carbonated Yogurt Drink (Dough) Enriched with Marjoram Extract and Evaluation of Its Physico chemical and Microbial Durings storage. *advances in Environmental Biology*, 9 (3) February 2015, Pages : 328-334.ISSN-1995-0756. EISSN1998-1066. Journal homa page : <http://WWW.aensiweb.com/AEB/>.
- Mittal A.K., Chisti, Y., Banerjee, U.C., 2013.** Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology Advances* 31, 346-356.
- Motamed B et Texier, H.(1999).**sources et caractéristiques des composés phénoliques dans l'estuaire de la seine.*Oceanologica Acta* ;23 : 167-174.
- Morton JF. 1991.** The horseradish tree, *Moringa Pterygosperma* (Moringaceae) –A Boon to Arid Lands. *Economic Botany*. 45: 318-333.
- Moyo B., Masika P J., Hugo A.Muchenje V. 2011.** Nutritional characterization of *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(60) : 12925-12933.
- Maskan M. (2001).** Drying, Shrinkage and rehydratation characteristics of Kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*. (48): 177-182.

N

Nabavi S., Rafraf, M., Somi, M., Homayouni-Rad, A., Asghari-Jafarabadi, M., 2014. Effects of probiotic yogurt consumption on metabolic factors in individuals with nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of dairy science* 97, 7386-7393.

Ndong M., Wade S., Dossou N., Guiro A.T. et Gning R.D. 2007. Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels sénégalais avec la poudre des feuilles. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. 7 (3):1-17.

O

Olson M., and Carlquist, S. (2001). "Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae)." *Botanical Journal of the Linnean Society*, 135(4), 315-348.

Olson M E. 2001. Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 135: 315– 348.

Orzechowski A., Ostaszewski P., Jank M. and Berwid S.J. (2002). Bioactive substances of plant origin in food - impact on genomics. *Reprod. Nutr. Dev.* 42: 461-477.

Osborne D. R., Voogt P. (1986). Análisis de los nutrientes de los alimentos Zaragoza. *Ed. Acribia*. (p 258).

Osman N.I., Sidik, N.J., Awal, A., Adam, N.A.M., and Rezali, N.I. (2016). In vitro xanthine oxidase and albumin denaturation inhibition assay of *Barringtonia racemosa* L. and total phenolic content analysis for potential anti-inflammatory use in gouty arthritis. *J Intercult Ethnopharmacol*, 5 (4):343 - 349.

ÖZTürk M., Aydoğmuş-ÖZTürk F., Emin dura M. et Topçu G. (2007). Antioxidant activity of stem and root of extract of rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food Chemistry*.103:623-630.

P

Panda S. K ., Horie T., Kaneko T ., Sugimota G., Sasano S ., Shibasaka M., Katsuhara M. 2008. Mechanisms of Water transport mediated by PIP aquaporins and Their regulation

via phosphorylation events under salinity stress in barley roots. Oxford Journals : Plant and Cell physiology. Vol 52 Issue 4. P.663-675.

Panchal M. A., Murti K., Lambole V., et Gajera V. 2010. Pharmacological properties of *Moringa oliefera lam.* A review. *Pharmacologyonline.* 2: 768-775.

Panchal M., Murti k., et Shah M. 2011. Plant biology. Romanian journal of biology. 56 (1): 57–64.

Panesar P.S., Kennedy J.F., Gandhi D.N. et Bunko K., (2007). Bioutilization of whey for lactic acid production. Food chemistry, 105, p1-14.

Parihar A., Parihar, MS., Milner, S. (2008). Bhat S. Oxidative stress and antioxidative mobilization in burn injury. Burns, 34:6-17.

Poumayea N., Mabinguia J., Lutgenb P., et Biganc M. 2012. Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M’Poko River to Bangui, Central African Republic. Chemical engineering research and design. 90: 2346–2352.

Pereira E., Barros L., Ferreira I. (2013). Relevance of the Mention of Antioxidant.

Pointurier H., (2003). La gestion matière dans l’industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France : 64 (388 pages).

Prieto P., M. Pineda & M. Aguilar (1999) Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. Analytical Biochemistry, 269, 337-341.

Purwandari U., N. Shah, et al.(2007). "Effects of exopolysaccharide-producing strains of *Streptococcus thermophilus* on technological and rheological properties of set-type yoghurt." International Dairy Journal 17(11): 1344-1352.

R

Rada-Mendoza M., Sanz M. a. L., Olano, A. n., & Villamiel M. (2004). Formation of hydroxymethylfurfural and furosine during the storage of jams and fruit-based infant foods. Food chemistry, 85(4), 605-609.

Ribéreau-Gayon P. (1968). Les Composés phénoliques des végétaux: par Pascal Ribéreau-Gayon,. Dunod.

Roussos P. A., V. Sefferou, et al. (2011). "Apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load." *Scientia horticulturae* 129(3): 472-478.

S

Saint-sauveur A., Broin M. 2010. Produire et transformer les feuilles de moringa In Moringa Association of Ghana.

Saint Sauveur A., Broin M. (2006). L'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* contre les carences alimentaires : un potentiel encore peu valorisé. Stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique. Accra, Ghana.

Salem A.S., Salama W.M., Hassanein A., El Ghandour, H., (2015). Enhancement of nutritional and biological values of Labneh by adding dry leaves of *Moringa oleifera* as innovative dairy products. *World Appl. Sci. J.* 22, 1594–1602.

Sanjewa W. T., Wanasundara J. P., Pietrasik Z., and Shand, P. J. (2010). "Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours and application in low-fat pork bologna as a model system." *Food Research International*, 43(2), 617-626.

Sengupta M.E., Keraita B., Olsen A., Boateng O.K., Thamsborg S.M., Palsdottir G.R., et Dalsgaard A. 2012. Use of *Moringa oleifera* seed extracts to reduce helminth egg numbers and turbidity in irrigation water. *Water Research*. 46 (11): 3646-3656.

Serra M., Trujillo A.J., Guamis B. and Ferragut V., (2009). Evaluation of physical proprieties during storage of set and stirred yoghurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food hydrocolloids*, 23:82-91.

Schmidt J., C. Tourneur, et al (1994). "Fonctions et choix des bactéries lactiques en technologie laitière." de Roissart, H. Luquet, FM (Eds). *Bactéries lactiques* 2: 37-54.

Schuck P., Mahaut M., Jeantet, R., Brulé G., 2000. Les produits industriels laitiers. Lavoisier TEC et DOC Editions.

Shah N.P., 2017. *Yogurt in health and disease prevention.* Academic Press.

Izquierdo-Alegre E. (2009). Les protéines bactériennes en tant que bio-marqueurs de l'activité

probiotique. Thèse de Doctorat en chimie analytique. L'Université de Strasbourg, France, p 215.

Shori A. and A. S. Baba (2013). "Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt." *Journal of Saudi Chemical Society* **17**(3): 295-301.

Siddhuraju P., et Becker K 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera Lam.*) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51 (8): 2144-2155.

Singh N (2011). "Functional and physicochemical properties of pulse starch-4."

Škerget M., Kotnik P., Hadolin M., Hraš A., Simonič M., et Knez T. 2005. Phenols, Proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their Antioxidant activities. *Food Chemistry*. 89: 191-198.

Sodini I et Beal C. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. Ed. Technique de l'ingénieur. F6315.pp :02-16).

Srisuvor N., Chinphrast N., Prakitchaiwattana C., Subhimaros.2013. Effects of Inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yogurt with probiotic cultured banana purée. *LWT-Food Science and technology*, 51 :30-36.

Sun T & Ho C T. Antioxidant activities of buckwheat extracts. (2005). *Food Chemistry*, **90**:743–749.

Syndifrais, (2011). Tout savoir sur le yaourt, Paris Cédex AFNOR 1999. Lait et produits laitiers, v.1, Ed. Technique et documentation.

T

Tahiliani P., et Kar A. 2000. Role of *Moringa oleifera* leaf extract in the regulation of thyroid hormone status in adult male and female rats. *Pharmacological Research*. 41 (3): 319-323.

Tang S.Y., and Halliwell B. (2010). Medicinal plants and antioxidants: What do we learn from cell culture and *Caenorhabditis elegans* studies? *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 394: 1–5.

Tete–Benissan A., Quashie M., Lawsoni K., Kokou K., et Gbeassor M. 2012. Récupération nutritionnelle chez les sujets malnutris VIH positifs et VIH négatifs après utilisation de feuilles de *Moringa oleifera Lam.* *Journal of Animal & Plant Sciences*.15 (2): 2184-2199.

Tseng A. and Y. Zhao.(2013). "Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing." *Food Chemistry* **138**(1): 356-365.

U

Unten L., Koketsu M & Kim M. (1997). Antidiscoloring activity of green tea polyphenols on β -carotene. *J. Agric. Food Chemistry*, **45** (6), P : 2009–2012.

V

Van Acker, S.A.B.E., Van Den Berg, D.J., Tromp, M.N.J.L., Griffioen, H.D., Van Benneskom,w.P., Van Der Vijgh, W.J.F., and Bast, A. (1996). Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. *Free Radical Biology & Medicine*, 20(3): 331-342.

Verdier N-A, Sadat A-W, Clément D-A, Emmanuel N-A et Georges N-A. (2016). Impact of Solar and Microwave Oven Drying on A Few Chemical Parameters of Market Value Quality of Fermented Forastero (*Theobroma Cacao L.*). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 12(4): 402-406.

Vignola C. (2010) Science et technologies du lait “ transformation du lait”. Québec, Canada P 444.

Vilain A-C. Qu`est-ce que le lait ? Service d`allergologie, hôpital St-Vincent, GHICI, BP 387, 59020 Lille cedex, France. *Revue française d`allergologie* 50(2010) 124-127.

X

Xanthopoulos V., Petiadis D. et Tzanetakis N. (2001). Characterization and classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbreucki*ssp *bulgaricus* strains isolated from traditional Greek yogurts. *Journal of Food Science*, 66 (5), pp 247-253.

Y

Yadav R., Agarwala M. (2011). Phytochemical analysis of some medicinal plants. *Journal of Phytology*, 3(12):10-14.

Yang R.Y., Chang L.C., Hsu J.C., Weng Brian B.C., Palada Manuel C., Chadha M.L. et Yongabi. K. A. (2012). A sustainable Low-Cost phytodisinfectant sand filter alternative for water purification, thèse de doctorat en sciences, université d'Adelaide, Australie, p 207.

Z

Zelko IN., Marian, T. J., Folz, R. J. (2002). Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) gene structures, evolution, and expression. *Free radical biology & medicine*, 33, 337-349.

Zhang H.-F., Zhang, X., Yang, X.-H., Qiu N.-X., Wang, Y., Wang Z.-Z., 2013. Microwave assisted extraction of flavonoids from cultivated *Epimedium sagittatum*: extraction yield and mechanism, antioxidant activity and chemical composition. *Industrial Crops and Products* 50, 857-865.

Zhu M., Phillipson J.D., Greengrass P.M., Bowery N.E. et Cai Y. (1997). Plant polyphenols : Biologically active compounds or non-selective binders to protein? *Phytochemistry*. 44 (3): 441- 447.

Résumé:

L'objectif de cette étude est la formulation d'un yaourt incorporé avec la poudre des feuilles de *Moringa oleifera* (MO) traité avec micro-onde à différentes puissances (100W, 300W, 500W, 700W, 900W), l'étude des caractéristiques physico-chimique, microbiologique, sensorielles et la détermination de la teneur en composés phénolique ainsi que l'activité antioxydant et anti inflammatoire des extraits des yaourts élaborés.

L'incorporation des poudres de feuilles de *MO* révèle une diminution de pH contre une augmentation d'acidité et de synérèse, les résultats montrant une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en sucre totaux ainsi que les composés phénoliques et l'activité antioxydante et une augmentation de taux d'inhibition de la dénaturation des protéines. Nos résultats montrent que la poudre de *MO* est influencée par le traitement appliqué.

Mots clé : yaourt / *Moringa oleifera* / composés phénolique / activité antioxydantes et anti inflammatoire / inhibition de la dénaturation des protéines/microonde.

Abstract:

The objective of this study is the formulation of a yogurt incorporated with powder of *Moringa oleifera* leaves (MO) treated with microwave in different powers (100W, 300W, 500W, 700W, 900W), the study of characteristics physico-chemical, microbiological, sensory and determination of phenolic compounds content as well as antioxidant and anti-inflammatory activity.

Incorporation of the powder of *MO* leaves decrease in pH against increased acidity and syneresis, with results showing a significant increase ($p < 0.05$) in total sugar content as well as phenolic compounds and activity antioxidant and an increase in the rate of inhibition of the denaturation of proteins. Our results show that the *MO* powder is influenced by the applied treatment.

Key words: yoghurt / *Moringa oleifera* / phenolic compounds / antioxidant and anti-inflammatory activity / inhibition of protein denaturation /microwave.

