

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière: Sciences biologique
Option: Production et Transformation laitière



Réf.

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

MASTER

Thème

**Essai de formulation d'un produit
laitier (yaourt étuvé) au gingembre
(*Zingiber officinale*)**

Présenté par:

CHAKIROU Thiziri et REBOUH Dyhia

Soutenu le : **24 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Dr BOULEKBACHE. L

Dr HAMRI. S

Dr BELKHIRI.W

Dr TAFININE. Z

MCA

MCA

Ing. de recherche

MCB

Président

Promotrice

Co promotrice

Examineur

Année universitaire: 2017/2018

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères tout d'abord au bon DIEU de nous avoir donné le courage, la santé et toute la patience qui nous ont été utiles tout au long de notre parcours.

Nos remerciements vont également à :

Notre promotrice M^{me} HAMRI Sabrina d'avoir accepté de nous encadré, pour son suivie et ses orientations

Notre Co-promotrice M^{me} BELKHIRI Wassila pour sa présence, ses conseils et son suivie pour l'accomplissement de notre travail.

Le président de jury et le membre du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait pour évaluer notre travail.

Au personnel de laboratoire BBBS

Que tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, à mener à bout ce travail, trouvent ici l'expression de notre reconnaissance et notre profonde gratitude.

Dyhia et Thiziri

Dédicaces

Nous dédions ce travail :

A nos deux familles

A nos ami(e)s

Et à tous ceux qu'on aime.

Dyhia & Thiziri

Liste des abréviations

NAFLD: Non Alcoholic Fatty Liver Disease (maladie du foie gras)

ABTS : 'Acide 2,2'- azino-bis (3-éthylBenzoThiazoline-6-Sulphonique

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil

EC : Equivalent catéchine

EQ : Equivalent Quercitrine

EAG : Equivalent d'Acide Gallique

ACP : Analyse en Composantes Principales

VRBL : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

OGA : Gélose à l'oxytétracycline glucose

BP : Baird Parker

Liste des Figures

Figure 1: Photographie rhizome du Gingembre frais.....3

Figure 2 : Processus de fabrication des yaourts (étuvés et brassés).....10

Figure 3: Etapes de séchage du gingembre.....14

Figure 4: Photographie du broyage et du tamisage.....14

Figure 5: photographies de l'extraction et de l'extrait du gingembre15

Figure 6 : Diagramme de fabrication du yaourt étuvé élaboré.....20

Figure 7 : Pouvoir discriminant par descripteur.....32

Figure 8 : Coefficients des modèles de deux yaourts A et B.....33

Figure 9 : Corrélation entre les variables et les facteurs.....34

Figure 10 : Courbe de niveau et carte de préférence.....35

Liste des tableaux

Tableau n° I : Classification botanique du <i>Zingiber officinale</i>	5
Tableau n° II : Valeurs nutritionnelles du gingembre.....	6
Tableau n° III : Valeurs nutritionnel minimale pour 100g de yaourt.....	9
Tableau n° IV : Critères microbiologiques du yaourt.....	13
Tableau n° V : Composition des différents yaourts Préparés.....	19
Tableau n° VI : Analyses microbiologiques des yaourts préparés.....	22
Tableau n° VII : Résultats d'analyses de l'activité antioxydants.....	24
Tableau n° VIII : Résultats d'analyses de l'activité anti-radicalaire.....	25
Tableau n° IX : Paramètres physico-chimiques des quatre yaourts préparés.....	27
Tableau n° X : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt.....	28

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Partie bibliographique

1. Gingembre	
1.1. <i>Zingiber officinale</i>	3
1.1.1. Origine	4
1.1.2. Description botanique	4
1.1.3. Classification	5
1.2. Compositions	5
1.2.1. Valeur nutritionnelle.....	6
1.3. Activité antioxydante du gingembre.....	6
1.4. Usages thérapeutiques.....	7
2. yaourt	
2.1. Historique.....	8
2.2. Définition.....	8
2.2.1. Composition nutritionnelle du yaourt.....	9
2.2.2. Technologie du yaourt.....	9
2.3. Intérêt nutritionnel et thérapeutique.....	11
2.3.1. Intérêt nutritionnel.....	11
2.3.2. Intérêt thérapeutique.....	11
2.4. Caractéristiques du yaourt.....	12
2.4.1. Paramètres physicochimiques.....	12
2.4.2. Paramètres microbiologiques.....	12

Partie pratique

3. Matériels et méthodes	
3.1. Matériel végétal	14
3.1.1. Séchage à l'étuve	14
3.1.2. Broyage et tamisage	14

3.1.3 Test du taux d'humidité	15
3.1.4.Extraction.....	15
3.1.4.1. Extraction des composés phénoliques par macération.....	15
3.2. Tests phytochimiques.....	16
3.2.1. Préparation de la solution mère (dilution).....	16
3.2.2. Dosage des polyphénols totaux.....	16
3.2.3. Dosage des flavonoïdes.....	16
3.2.4. Dosage des tannins condensés	17
3.3. Détermination de l'activité anti-radicalaire.....	17
3.3.1. Test de l'activité anti radicalaire(DPPH).....	17
3.3.2. Test du pouvoir réducteur.....	18
3.3.3. Test de l'ABTS	18
3.4. Formulation et caractérisation d'un yaourt.....	19
3.5. Analyses physicochimiques des yaourts préparés.....	21
3.6. Analyses microbiologiques.....	22
3.7. Analyses sensorielles.....	22
3.8. Etudes statistiques.....	23
4. Résultats et discussions	
4.1. Taux d'humidité	24
4.2. Extraction.....	24
4.3. Dosage des antioxydants	24
4.4. Activité antioxydante.....	25
4.5. Analyses physicochimiques du yaourt	26
4.6. Analyses microbiologiques	28
4.7. Analyses sensorielle	29
Conclusion.....	33
Liste bibliographique	
Annexe	
Résumé	

Introduction

La communauté médicale et scientifique prend de plus en plus conscience de l'importance du facteur nutritionnel dans les problèmes de santé auxquels nos populations sont confrontées.

En dépit des nombreux progrès de la recherche, certaines maladies restent encore aujourd'hui majeures causes de mortalité dans le monde. Parmi ces pathologies : le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies hépatiques, les dommages neurologiques...etc. Divers facteurs, tels que le tabagisme, la sédentarité, l'alimentation, l'hypertension artérielle sont impliqués dans la survenue de ces maladies métaboliques (de Lorgeril et Salen, 2015).

Des efforts ont été menés pour tenter de mettre en œuvre des moyens visant à améliorer le pronostic (diagnostic) de ses maladies et de développer des méthodes permettant la prévention contre leurs conséquences. A l'heure actuelle, les principaux moyens de traiter et de limiter le développement de ces pathologies sont soit à l'aide d'agents pharmacologiques, soit par des techniques chirurgicales. Cependant, les moyens techniques ne sont pas toujours à disposition, surtout dans les pays en développement et en sous-développés, alors une combinaison entre les traitements pharmacologiques et la consommation de certains phytonutriments tels que les vitamines et autres antioxydants peut prévenir l'apparition et le développement de ses pathologie (de Lorgeril et Salen, 2015).

La phytothérapie peut donc être un remède préventif pour les personnes souffrant de certaines maladies chroniques qui sont une terrible source d'altération de leur qualité de vie. Le gingembre (*Zingiber officinale*) a été largement utilisé en médecine pour traiter les maladies courantes. En effet, les recherches actuelles viennent renforcer de nombreuses propriétés bénéfiques de son utilisation pour traiter différents troubles dus à sa composition en substances bioactives antioxydantes (Wannes et Marzouk, 2016).

Les antioxydants sont des substances vitales, qui possèdent la capacité de protéger le corps contre les dommages causés par le stress oxydatif (facteur d'inflammation et parmi les causes majeure des cancers) induit par les radicaux libres (Chen et al., 2008).

Il y a un intérêt croissant pour les antioxydants naturels, par exemple les composés phénoliques, présent dans les plantes qui pourrait aider à prévenir les dommages oxydatifs (Silva, Ferreres et al., 2005). Les composés phénoliques non volatiles du gingembre tel que (6), (8), (10)-gingérol lui confère son gout piquant (Barros et al., 2007) alors que son arôme caractéristique est fournie par les huiles essentielles (Nishimura 1995).

Le yaourt est l'un des aliments les plus connus qui contient des probiotiques (Adolfsson et al., 2004). C'est un produit polyvalent qui fournit des quantités importantes

de nutriments et qui a été associé à un large éventail d'effets positifs sur la santé (Bruzzone et al., 2013).

L'objectif de cette étude est focalisé sur l'analyse phytochimique du gingembre et sur l'essai de formulation d'un yaourt à base du gingembre dont le but est d'ajouter les bienfaits du gingembre riche en antioxydants avec ceux du yaourt riche en nutriments afin de formuler un produit thérapeutique et nouveau destiné particulièrement aux femmes enceintes et patients suivant des cycles de chimiothérapie.

Partie
Bibliographique

1. Gingembre

1.1. *Zingiber officinale*

Le gingembre (*Zingiber officinale*), est une plante comestible et médicinale, connu depuis des millénaires, cultivé dans plusieurs régions tropicales et subtropicales d'Asie du Sud, y compris la Chine, qui est l'un des principaux producteurs (Pang, Cao et al. 2017).

C'est l'une des épices diététiques les plus consommés au monde, riche en polyphénols (Sharif and Bennet 2016) utilisée également comme aromatisant pour divers aliments et boissons (Mathew, Prakash et al. 2017).

Le rhizome est utilisé dans l'alimentation et notamment dans la médecine traditionnelle depuis des siècles, pour ses propriétés anti-inflammatoires, anti-nausées, et pour traiter les migraines et les problèmes respiratoires. Des études récentes ont révélé ses effets antimicrobiens, anti-tumorales, antidiabétiques et antioxydants (Sharif and Bennet 2016).



Figure1: Photographie rhizome du Gingembre frais.

1.1.1. Origine

Plante indigène aux climats tropicaux chauds, en particulier l'Asie du Sud-Est. Elle est également largement cultivée en Inde, Chine, Japon, Australie, Afrique, Mexique, Hawaï et en Jamaïque (Nandi, Saleh-e-In et al. 2013).

Le gingembre est introduit dans les pays arabes grâce au commerce établi dans le bassin méditerranéen où il a été utilisé par les Grecs et les Romains. Son emploi en Europe centrale fut repoussé dès le XI^{ème} siècle. Au XIII^{ème} siècle, la plante est arrivée en Afrique de l'est grâce aux arabes, au XVI^{ème} siècle à l'Afrique de l'ouest grâce aux Portugais. Elle est cultivée en Australie qu'au début du XIX^{ème} siècle (Teuscher, Anton et al. 2005).

1.2.1. Description botanique

Le gingembre, plante tropicale herbacée vivace poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1.50m en moyenne, mais pouvant atteindre 3m de haut.

Les feuilles sont persistantes, lancéolées et pointues pouvant atteindre une vingtaine de centimètres. L'inflorescence se présente en courts épis axillaires très serrés, à tige couverte d'écailles, avec des fleurs parfumées, de couleur blanche jaunâtre munies de bractées pourpres.

La floraison a lieu entre le mois d'août et novembre. Les fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires. En raison de son aspect esthétique et de son adaptabilité en climat chaud, le gingembre est souvent utilisé pour l'aménagement paysager dans les pays subtropicaux.

La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules granuleux ramifiés. La peau du rhizome est de couleur beige pâle et sa chair est de couleur jaune pâle juteuse. La cassure est fibreuse et granuleuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (Gigon 2012).

1.1.3. Classification

Le gingembre (*Zingiber officinale*), de la famille Zingibéracées connue aussi sous les noms; épice blanche, ginger et janjanbe...classé botaniquement selon Gigon (2012) est donné dans le tableau ci-dessous

Tableau I: Classification botanique du *Zingiber officinale*

Non français	Gingembre commun
Autres noms utilisés	Epice blanche, ginger, jenjanbe
Nom latin	<i>Zingiber officinale</i>
Règne	Plantae
Sous-règne	Trachéobionta
Dévision	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Sous- classe	Zingibéridées
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-famille	Zingibéroiidées
Genre	Zingiber

1.2. Composition

Les constituants du gingembre sont nombreux et variés selon leur origines géographiques, et également selon les rhizomes; s'ils sont frais ou secs (Ali, Blunden et al. 2008).

Le rhizome contient une huile essentielle qui varie selon son origine, une oléorésine, des acides aminés, des acides gras de type oléique et linoléique (10%), une enzyme (zingibaine) et de l'amidon (60%) (Faivre, Lejeune et al. 2006).

1.2.1. valeur nutritionnelle

Le gingembre est généralement mélangé avec du thé, des boissons et plein d'autres produits, également utilisé comme épice à des fins aromatiques partout dans le monde, c'est un stimulant naturel apporte en moyenne 20 kcal pour 100g soit 80kj.

Tableau II: valeur nutritionnelle du gingembre Gigon (2012)

Racine de Gingembre, brut	Valeur nutritive pour 100g
Energie	20kcal, 80kj
Hydrates de carbone	17.77g
Sucre	1.7g
Fibres alimentaires	2g
Graisses	0.75g
Protéines	1.82g
Vitamines (B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉, C)	5.498mg
Minéraux	508.94mg

1.3. Activité antioxydante du gingembre

Les antioxydants ont un grand impact sur la sécurité et l'acceptabilité du système alimentaire. Non seulement ils maintiennent la nourriture stable contre l'oxydation, mais ils peuvent aussi être efficaces pour contrôler la croissance microbienne. (Stoilova, Krastanov et al. 2007).

Le gingembre avec sa large gamme d'antioxydants peut être une source majeure d'antioxydants naturels ou phytochimiques (Kikuzaki and Nakatani 1993). Les principaux composants du gingembre sont le 6-gingérol, le 6-shogaol, le 8-gingérol et le 10-gingérol et ces constituants ont montré une forte activité antioxydante (Maizura, Aminah et al. 2011).

Le *Zingiber officinale* contient un certain nombre d'antioxydants tels que: bêta-carotène, acide ascorbique, terpénoïdes, alcaloïdes et polyphénols tels que: les flavonoïdes, les flavonoïdes glycosides, la rutine... etc (Ghasemzadeh, Jaafar et al. 2010).

1.4. Usages thérapeutiques

Au cours de ses dernières années le gingembre est utilisé pour traiter certaines infections et maladies (Malhotra and Singh 2003) en raison de ses activités biologiques, notamment:

- Action anti-inflammatoire: abaisse les douleurs grâce à ces composées phénoliques, shogaol, 6-gingerol et paradol: les douleurs musculaires et articulaires, blessures et fractures ainsi que les douleur intestinales (Grzanna, Lindmark et al. 2005).
- Action hypoglycémiante: le gingembre baisse la glycémie et permet une meilleure sensibilisation à l'insuline (de ce fait il est conseillé pour les personnes diabétiques) (Mahluji, Attari et al. 2013; Mozaffari-Khosravi, Talaei et al. 2014).
- Activité anti-bactérienne et anti-virale: il réduit les symptômes de la fièvre, les états grippaux, la toux, les angines, l'asthme et les allergies (Platel and Srinivasan 2004).
- Action anti-oxydante: la consommation du gingembre aide à lutter contre l'action des radicaux libres et à prévenir les maladies neurodégénératives et certains cancers tel que le cancer de la prostate (Aggarwal and Shishodia 2006). Il Améliore également l'efficacité du traitement du cancer cervical (Sharma, Ahmed et al. 2009).
- Utilisé comme plante médicinale pour soigner les problèmes d'estomac et la diarrhée (Platel and Srinivasan 2004).
- Efficace contre les nausés et les vomissements pendant la grossesse, cette propriété antiémétique s'est confirmée pour la prévention des patientes en chirurgie postopératoire (gynécologie, laparoscopie) (Gigon., 2012).

2. Yaourt

Le nombre de travaux de recherche sur le yaourt et la santé a augmenté de manière exponentielle durant la dernière décennie (Fernandez, Picard-Deland et al. 2017).

Le yaourt est le plus connu des laits fermentés, produits obtenus grâce à l'action de bactéries lactiques, principalement *Streptococcus thermophilus* et d'autres bactéries appartenant très majoritairement aux genres *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*, les bactéries demeurent vivantes et nombreuses pendant la durée de vie du produit (Bourlioux, Braesco et al. 2011).

2.1. Historique

La fermentation est la première technique que l'être humain aurait utilisée pour conserver le lait. On n'a pas pu retracer l'origine exacte du yaourt et des laits fermentés, c'est encore un sujet de débat. Les laits fermentés égyptiens «Laban rayeb» et «Laban khad» y étaient consommés 7000 av-JC. Le peuple turc antique pourrait être le premier à avoir fabriqué le yaourt d'où son nom paru au 8^{ème} siècle «yoghurut». L'Asie avait introduit le yaourt en Russie et en Europe, durant les conquêtes des tartares, des Mongols et des Hans (Shah 2006)

2.2 Définition

Le yaourt est un «produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec)» (FAO, 1975).

Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance (de Syndifrais 1997). Il est défini depuis 1975 par le *Codex alimentarius*, cette définition internationale révisée en 2003 spécifie que seuls les laits fermentés contenant les espèces vivantes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* (ces deux bactéries constituant la symbiose yaourt), n'ayant donc subi aucun traitement thermique après la fermentation, peuvent bénéficier de l'appellation «yaourt».

Bien qu'elle soit La notion de «bactéries vivantes» n'a donc été que très récemment introduite dans la réglementation internationale. Selon la fédération internationale laitière (Fédération internationale de laiterie ,FIL,1984) et le *Codex alimentarius*, le nombre de bactéries vivantes dans les laits fermentés à la date limite de consommation doit être égale à

10⁷ UFC (Unité Formant Colonie) par gramme rapportée à la partie lactée dans le produit ancien (Rasic and Kurmann 1978).

2.2.1. Composition nutritionnelle du 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.

Le yaourt a une valeur nutritionnelle remarquable: un apport énergétique relativement faible (en moyenne 93 kcal pour un pot de 100g de yaourt nature classique), alors que l'apport en protéines, calcium et en phosphore représente plus de 25% des besoins journaliers (Schuck, Mahaut et al. 2000). La valeur nutritionnelle du yaourt est illustrée dans le tableau III.

Tableau III: Valeurs nutritionnel minimale pour 100g de yaourt

Apport calorique	93 Kcal
Protéine	3,1 g
Glucides	12,5 g
Lipides	3,4 g
Calcium	110 mg
Phosphore	80 mg

2.2.2 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 2 (Bourlioux, Braesco et al. 2011).

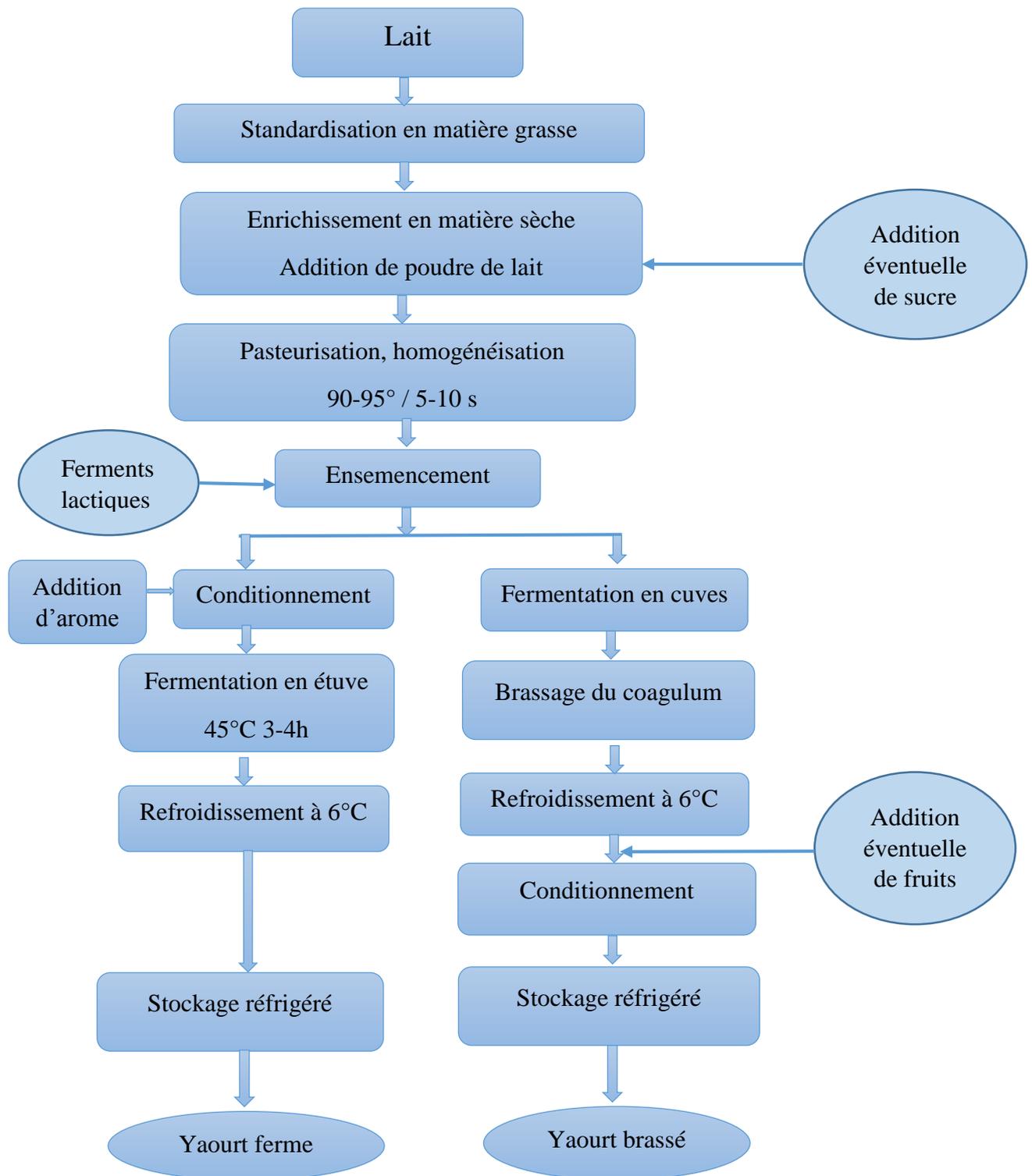


Figure 2: Processus de fabrication des yaourts (étuvés et brassés).

2.3. Intérêt nutritionnel et thérapeutique

2.3.1. Intérêt nutritionnel

2.3.1.1. Digestion du lactose

Les bactéries du yaourt aident à la digestion du lactose (Shah 2006). Selon Luzzana, Agnellini et al. (2003) la consommation du yaourt peut atténuer l'intolérance au lactose, ceci est dû aux ferments lactiques vivants qui transforment le lactose en galactose et en acide lactique.

2.3.1.2. Digestibilité des protéines

Les protéines du yaourt sont plus faciles à digérer que les protéines du lait, car une prédigestion bactérienne des protéines du lait dans le yaourt peut se produire. 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).

2.3.2. Intérêt thérapeutique

2.3.2.1. Diabète type 2

La consommation régulière de produit laitier peut réduire le risque de diabète type 2. La teneur en calcium et en magnésium peuvent être responsable de cet effet (Shah 2017).

2.3.2.2. Maladie du foie gras

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, Raftaf et al. 2014).

2.3.2.3. Cholestérolémie

Il a été démontré que le yaourt a un effet hypocholestérolémiant supérieur à celui du lait, car il contient des glutarates d'hydroxyméthyle qui inhibent la synthèse du cholestérol à partir de l'acétate (Park 1994).

2.3.2.4. Traitements de diarrhée

Le yaourt avec des probiotiques a été recommandé pour remplacer le lait pendant le traitement de la diarrhée car il est mieux toléré que le lait (Shah 2017).

2.4. Caractéristiques du yaourt

2.4.1. Paramètres physico-chimique

2.4.1.1. PH et taux d'acide lactique

Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6 et d'après la fédération internationale du lait (F.I.L), elle préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique.

2.4.1.2. Taux de matière grasse

D'après le Journal Officiel de la République Algérienne (N° JORA: 086 du 18-11-1998) «Yaourt écrémé» le produit dont la teneur en MG laitière est inférieure à 0,5%(m/m)
«Yaourt partiellement écrémé» le produit titrant moins de 3% (m/m), mais plus de 0,5%(m/m) de MG laitière.

«Yaourt gras» le produit dont la teneur minimal en MG laitière est égale à 3%(m/m).

2.4.1.3. Viscosité et texture

L'étape de la transformation du lait en yaourt, s'accompagne d'une mise en place d'une structure complexe et d'un changement des propriétés rhéologiques, en passant d'un liquide newtonien à un gel viscoélastique à destruction non réversible (Kora, Souchon et al. 2004).

2.4.1.4. Extrait sec total (EST)

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l (Nongonierma, Springett et al. 2006).

2.4.2. Paramètres microbiologiques

Selon l'arrêté international du 24 janvier 1998 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, les critères microbiologiques du yaourt sont illustrés dans le tableau IV

Tableau IV : Critères microbiologiques du yaourt

	N	C	M
Coliformes totaux	5	2	10
Coliformes fécaux	5	2	1
<i>St.aureus</i>	5	2	10
Levures	5	2	$<10^2$
Moisissures	5	0	Absence
<i>Salmonella</i>	5	0	Absence

N: Nombre d'unités composant l'échantillon.

C: Nombre d'unités de l'échantillon donnant des valeurs situées entre m et M.

m: Le seuil au-dessous duquel le produit est considéré comme étant de qualité satisfaisante.

M: Seuil limite d'acceptabilité au-delà duquel les résultats ne sont plus considérés comme satisfaisants, sans pour autant que le produit soit considéré comme toxique.

M= 10m : lors du dénombrement effectué en milieu solide.

M= 30m : lors du dénombrement effectué en milieu liquide.

Partie pratique

Matériels et méthodes

3.1. Matériel végétal

Les rhizomes de gingembre frais (*Zingiber officinale*) ont été achetés dans un marché de fruit et légumes à Bejaïa ville le mois de mars 2018 importé de la chine.

3.1.1. Séchage à l'étuve

Une quantité de 1000 g de rhizomes de gingembre ont été épluchés, découpés en fines rondelles et mise dans une étuve pour le séchage pendant une durée de 24h à une température de 40°C (figure 3).



Figure 3: Etapes de séchage du gingembre

3.1.2. Broyage et tamisage

Une fois que le matériel végétal est bien séché, les échantillons ont été broyé à l'aide d'un broyeur électrique, la poudre obtenu a été tamisée afin d'obtenir une poudre très fine et homogène, dont la granulométrie doit être $\leq 125 \mu\text{m}$. La poudre a été conservée dans des flacons en verre couverts avec du papier aluminium, et à l'abri de la lumière.



Figure 4 : Photographie du broyage et du tamisage

3.1.3. Test du taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité a été réalisé selon la méthode de séchage à l'étuve décrite par (Nwinuka, Ibeh et al. 2005). Trois essais de 5g sont introduits dans des boites de pétri tarées, puis séchés dans une étuve à 130°C jusqu'à un poids constant. Le taux d'humidité des échantillons a été exprimé selon la formule ci-dessous :

$$H (\%) = \frac{P_0 - P_1}{P_0} * 100$$

H : Humidité

P₀ : Poids de l'échantillon avant séchage

P₁ : Poids de l'échantillon après séchage

3.1.4. Extraction

3.1.4.1. Extractions des composés phénoliques par macération

La poudre obtenue a été soumise à une extraction par macération selon la procédure décrite par (Sharif and Bennet 2016), avec quelques modifications. Trois prises d'essais ont été effectuées en introduisant 1g de poudre dans chaque bécher puis 20ml d'éthanol ont été rajoutés, le mélange a été mis sur un agitateur pour une agitation pendant 8h, puis ce dernier (mélange) a été filtré et les extraits obtenus ont été mis dans des tubes à essais. Les étapes sont illustrées dans la figure 5.

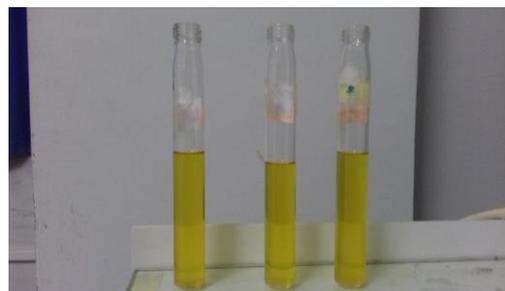


Figure 5 : photographies de l'extraction et de l'extrait du gingembre.

3.2. Tests phytochimiques

3.2.1. Préparation de la solution mère (dilution)

A l'aide d'une micro pipete 200 µl d'extrait ont été prises de chaque tube, afin de les diluer avec 1800 µl d'eau distillée pour les utiliser pour les différents dosages.

3.2.2. Dosage des polyphénols totaux

Ce test est déterminé en utilisant la méthode du réactif de Folin-Ciocalteu, cette méthode est basée sur la réduction en milieu alcalin du mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), conduisant à la formation de produit de réduction de couleur bleue (Enneb, Belkadhi et al. 2015)

La teneur en composés phénoliques totaux de l'extrait est estimée selon la méthode décrite par (Sharif and Bennet 2016).

Brièvement, 1250 µl du réactif de Folin-Ciocalteu ont été ajoutés à 250 µl d'échantillon avec des dilutions convenables. Après 2 min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, 1 ml d'une solution de carbonate de sodium est additionné au milieu réactionnel. Après 30 min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, l'absorbance est mesurée à 760 nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique (mg EAG/g) en utilisant la courbe d'étalonnage (Annexe 1).

3.2.3. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5, susceptible de donner en présence du chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre, par chélation de l'ion aluminium (Al^{3+}), dont sa concentration est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présent dans l'extrait (Djeridane, Yousfi et al. 2006).

La teneur en flavonoïdes dans les extraits a été déterminée selon la méthode décrite par (Mahmoudi, Khali et al. 2013).

Dans un tube à essai on introduit : 500 µl d'extrait, 1500 µl de méthanol (à 95%), 100 µl de chlorure d'ammonium, 100 µl d'acétate de sodium à 1M, puis on ajoute 2800 µl d'eau distillée. L'ensemble est incubé dans l'ombre à température ambiante pendant 30 min, l'absorbance est mesurée à 415 nm.

Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à une courbe d'étalonnage établie avec la quercitrine ; elles sont exprimées en mg équivalent quercitrine (mg EQ/mg) (Annexe 1)

3.2.4. Dosage des tannins condensés

La teneur en tannins condensés, appelés aussi proanthocyanidines est déterminée selon la méthode basée sur la dose de butanol / HCL décrite par Vermerris et Nicholson (2006) avec quelques modifications. Le principe consistait à mélanger 250 µl d'extrait dilué avec 2,5 ml de la solution acide de sulfate ferreux qui a été préparé en diluant 15,4 mg de sulfate d'ammonium ferrique $Fe_2(SO_4)_3$ dans 100 ml de (Butanol, HCL 3:2), après mélange et incubation 95°C pendant 50 min, l'absorbance à 530 nm a été mesurée. Les résultats exprimés en mg équivalent de cyanidine (EC) / g d'extrait, sont calculés en se référant à la formule:

$$C = A \times MM \times FD \times 100 / \epsilon \times L$$

A: Absorbance

MM: Masse molaire de la cyanidine 620,23 g/mol

FD: Facteur de dilution

L: Chemin optique

ϵ : Coefficient d'extinction molaire ($\epsilon = 34700 \text{ L/mol}\times\text{cm}$)

3.3. Détermination de l'activité anti-oxydante

L'activité antioxydante des extraits de *Zingiber officinale* a été réalisée suivant deux mécanismes : la capacité à piéger un radical libre (DPPH) et la réduction du Fe^{3+} en Fe^{2+} .

3.3.1. Test de l'activité anti-radicalaire (DPPH)

L'activité de capter les radicaux libres des extraits de *Zingiber officinale* a été mesurée en utilisant le test DPPH selon la méthode de (Sharif and Bennet 2016) avec quelques modifications. Cette méthode est basée, sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger

le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil (DPPH), ce dernier est réduit à la forme d'hydrazine (non radicalaire) en acceptant un atome d'hydrogène, entraînant une décoloration de la solution (Brand-Williams, Cuvelier et al. 1995).

Dans un tube à essai on introduit 1000 µl d'extrait dilué, 3000 µl de la solution DPPH, on la laissé incubé 30 min à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Le pourcentage de réduction de DPPH est exprimé par l'équation suivante :

$$\%DPPH \text{ réduit} = [(Abs \text{ témoin} - Abs \text{ Echantillon} / Abs \text{ témoin})] \times 100$$

3.3.2. Test du Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans les extraits à réduire le fer ferrique Fe^{3+} du complexe ferricyanure $[FeCl_3/K_3Fe(CN)_6]$ en fer ferreux Fe^{2+} , la forme réduite donne une couleur verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur des extraits (Bourgou, Ksouri et al. 2008).

Le test du pouvoir réducteur est déterminé par la méthode décrite par(Ozsoy, Can et al. 2008)dans un tube à essai on introduit 500 µl de l'extrait dilué, 1250 µl de la solution tampon, 1250µl de ferricyanure de potassium, on laisse incubé pendant 20 min à température ambiante et à l'abri de la lumière, puis on ajoute 1250 µl de la TCA (tétrachlo-anisole), 250 µl $FeCl_3$ et enfin on mesure l'absorbance à 700 nm.

3.3.3. Test de l'ABTS

Le test de l'ABTS est déterminé selon la méthode de(Spigno, Tramelli et al. 2007). Dans un tube à essai on a introduit : 500 µl de l'extrait, 3 ml de la solution ABTS diluée, on la laisse incubé pendant 30 min à température ambiante et à l'abri de la lumière. Le pourcentage de réduction d'ABTS est exprimé par l'équation suivante:

$$\%ABTS \text{ réduit} = [(Abs \text{ témoin} - Abs \text{ Echantillon} / Abs \text{ témoin})] \times 100$$

3.4. Formulation et caractérisation d'un yaourt

3.4.1. Préparation d'un yaourt étuvé

La préparation de notre yaourt a été réalisée au niveau du bloc de recherche au laboratoire de biomathématique, biophysique et scientométrie (L3BS) de l'université de Bejaïa en respectant le diagramme de fabrication de yaourt standard avec l'ajout du gingembre frais ou de la poudre du gingembre.

Ingrédients

Le lait utilisé est un lait demi écrème stérilisé UHT «CANDIA».

Après plusieurs essais pour l'optimisation de la formule de notre yaourt nous avons opté pour la recette décrite dans le tableau ci-dessous

Tableau V : composition des différents yaourts préparés

Composition	Lait pasteurisé (ml)	Sucre (g)	Gingembre sec (g)	Gingembre frais (g)	Ferment (g)
Yaourt à base du gingembre frais	500	35	/	Q1 et Q2	50
Yaourt à base de la poudre du gingembre	500	35	Q3	/	50
Yaourt non aromatisé	500	35	/	/	50

Q1 et Q2 : Quantité du gingembre frais ajouté à différentes concentration

Q3 : Quantité du gingembre en poudre ajouté

3.4.2. Procédé de fabrication

Les étapes essentielles du procédé de fabrication d'un yaourt étuvé à base de gingembre ont été résumées dans la figure10 :

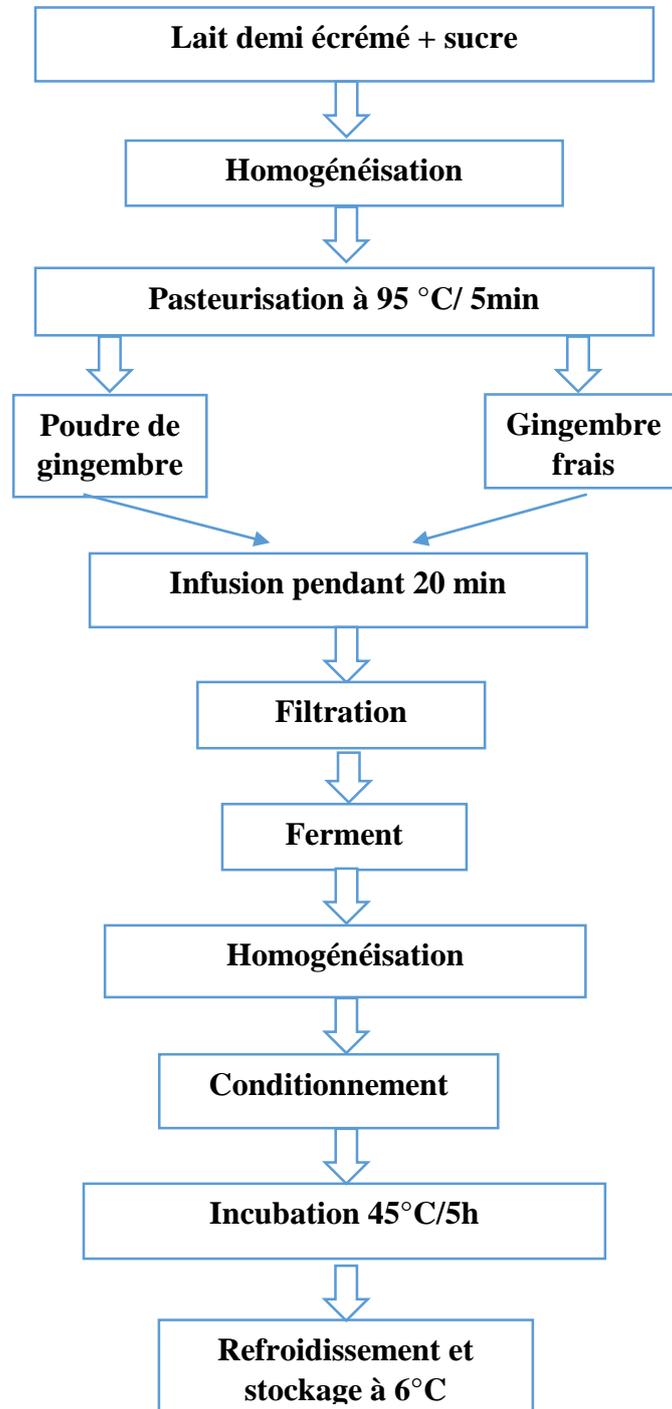


Figure 6: Diagramme de fabrication du yaourt étuvé élaboré

3.4.3. Caractérisation du yaourt

Les analyses physicochimiques et microbiologiques des yaourts préparés ont été réalisées au niveau du laboratoire QUALILAB.

3.5. Analyses physicochimiques des yaourts préparés

Le contrôle physicochimique du yaourt a pour but de garantir une meilleure stabilité et une constance de ses caractéristiques organoleptiques.

3.5.1. Mesure du pH

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'une sonde d'un pH mètre (HANNA). Le processus met en jeu les ions H^+ de la solution dont on veut mesurer le pH

3.5.2. Mesure de l'acidité

Le titrage de l'acidité se fait par la soude 1/9 N, en présence de la phénophtaléine comme indicateur, exprimé en gramme d'acide lactique par 100 g de produit $V \times 0.9 / m$.

V: le volume, en ml de la solution de soude utilisé pour le titrage

m: la masse, en gramme de la prise d'essai

0.9: le facteur de conversion pour l'acide lactique

3.5.3. Le Brix ou taux de sucre

La mesure du Brix est basée sur la détermination du taux de sucre dans le yaourt. Agiter le yaourt, puis poser une à deux gouttes sur l'oculaire du refractomètre (HANNA).

Le taux du sucre s'affiche directement sur l'écran de l'appareil, (l'échelle 0 à 85 % Brix)

3.5.4. Détermination de la matière sèche (MS)

Elle s'effectue par évaporation de l'eau de la prise d'essai dans une étuve à une température de (102 ± 2) °C (Journal officiel algérien).

La mesure de l'EST est réalisée selon le protocole ci-après :

3.5.5. Détermination de la teneur en matière grasse (MG)

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique, la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique aide à la séparation de MG et la centrifugation permet la séparation de la phase grasse et aqueuse.

3.6. 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 VI: Analyses microbiologiques des yaourts préparés

Germes recherchés	Milieux de culture	T° C d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes totaux	VRBL	37° C	48 h
Coliformes fécaux	VRBL	46° C	48 h
Levures et moisissures	OGA	22° C	5 jours
<i>Staphylococcus aureus</i>	BP	37° C	48 h

3.7. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est un ensemble de méthodes permettant de mesurer les perceptions sensorielles (vue, ouïe, odorat, goût, toucher). Le principal problème de ces méthodes est que les sens ne se limitent pas à une réaction physiologique à un stimulus, mais prennent en compte l'expérience de la personne, son vécu, son état d'esprit (humeur), son environnement.

La séance de dégustation a été organisée le 13 mai 2018, au sein de l'animalerie de l'université de Bejaïa, afin d'évaluer les propriétés sensorielles des yaourts élaborés:

A: yaourt à base de gingembre frais (Q1)

B: yaourt à base de gingembre frais (Q2)

L'échantillon A et B sont à différentes concentrations de gingembre,

C: yaourt non aromatisé,

D: yaourt à base de poudre de gingembre (Q3)

Le panel a été constitué de 08 jurés experts qui sont du personnel de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

Etude statistique

Les analyses réalisées sur l'extrait de gingembre ont été effectuées en trois essais, les moyennes et les écarts types des résultats obtenus ont été calculés avec Excel.

Les résultats de l'analyse sensorielle ont été traités par XLSTAT-MX.

Résultats et discussions

4.1. Taux d'humidité

Le gingembre frais est riche en eau, les résultats du test d'humidité ont révélé un taux d'humidité important de l'ordre de 89,4%, d'où la matière sèche ne représente que 10,6%, ce qui est en concordance aux résultats rapportés par d'autres auteurs (Ding, An et al. 2012; Jelled, Fernandes et al. 2015).

4.2. Extraction

La poudre des rhizomes de *Z.officinale* obtenue après séchage à l'étuve (40°C) a été soumise à une extraction par macération avec de l'éthanol (99.8%). La composition ainsi que la quantité des métabolites secondaires d'un extrait peuvent être influencée par plusieurs facteurs, tels que le mode, le temps et la température d'extraction (Green 2004; Ncube, Afolayan et al. 2008).

4.3. Dosage des antioxydants

Le test phytochimique permet de détecter les différentes familles chimiques présentes dans les extraits préparés par des réactions de colorations, de précipitations et des observations sous lumière ultra-violette (Harborne 1998).

D'après les résultats obtenus (Tableau VII), l'extrait de gingembre obtenu par macération analysé a révélé une teneur importante en polyphénols totaux 38,99±1,81 mg EAG/g suivi des tannins 6,79±0,1 mg EC/g puis des flavonoïdes 0,18±0,04 mg EQ/g.

Tableau VII: Résultats d'analyses de l'activité antioxydantes

Composés phénoliques	Polyphénol totaux mg EAG/g	Flavonoïde mg EQ/g	Tanins mg EC/g
Teneurs	38,99±1,81	0,18±0,04	6,79±0,1

Rababah, Hettiarachchy et al. (2004) ont analysé des extraits de gingembre (*Z.officinale*) et ont enregistré une teneur de 39,9 mg EAG/g en polyphénol totaux qui est en parfait accord avec nos résultats (38.99 ±1,81 mg EAG /g).

La teneur en flavonoïdes enregistré est de $0,18 \pm 0,04$ mg EQ/g. Cette teneur est inférieure à celle enregistré par Ho, Tang et al. (2010) qui ont obtenu une teneur de 6,14 mg EQ/g et ont utilisé du gingembre frais, mais avec une autre méthode d'extraction (infusion à froid) et l'eau comme un solvant ce qui pourrait expliquer cette différence.

La teneur en tannins condensés est de $6,79 \pm 0,1$ mg EC/g, ce qui révèle un taux élevé par rapport à celui trouvé par Prakash (2010) qui est $1,15 \pm 0,1$ mg EC/g.

Cette différence de teneur revient aux conditions d'extraction, au solvant utilisé, à la variété et l'origine de l'espèce (Ebrahimzadeh, Pourmorad et al. 2008), à la température (Ksouri, Megdiche et al. 2008), à la période et au lieu de récolte (Podsędek 2007).

4.4. Activité antioxydante

D'après les résultats obtenus (Tableau VIII), l'extrait de gingembre contient un pouvoir anti-radicalaire très important qui est de $80,03 \pm 0,27\%$, suivit du pouvoir réducteur à $68,51 \pm 5,27\%$, puis inhibition du DPPH à $66,24 \pm 10,18\%$

Tableau VIII: Résultats d'analyses de l'activité anti-radicalaire

DPPH %	ABTS %	Pouvoir réducteur mg/g
$66,24 \pm 10,18$	$80,03 \pm 0,27$	$68,51 \pm 5,27$

4.4.1 DPPH

Le DPPH est largement utilisé pour évaluer la capacité des composés antioxydants. Il a la capacité d'agir comme piègeurs de radicaux libre ou donateurs d'hydrogène, (Stoilova, Krastanov et al. 2007). Selon Suhaj (2006), Il est considéré comme un test valide et facile pour évaluer l'activité de piégeage des antioxydants. La couleur pourpre du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) se réduira en α, α -diphényl- β -picrylhydrazine (DPPH'H) (de couleur jaune) (Akowuah, Ismail et al. 2005).

Les résultats obtenus (Tableau VIII) montrent que l'extrait de gingembre exerce une bonne activité antioxydante au radical DPPH à un pourcentage de $66,24 \pm 10,18\%$ qui est

légèrement inférieure au pourcentage d'inhibition trouvé par Maizura, Aminah et al. (2011) $79 \pm 0,6\%$.

Ces résultats suggèrent que *Zingiber officinale* pourrait servir comme source d'anti-radicalaire pour la protection des êtres humains contre les maladies infectieuses et les dommages oxydatifs par les radicaux libres (Grzanna, Lindmark et al. 2005).

4.4.2. Pouvoir réducteur

Il a été rapporté que le pouvoir réducteur des composés bioactifs, est associé à l'activité antioxydantes (Siddhuraju, Mohan et al. 2002). Par conséquent, il est essentiel de déterminer le pouvoir réducteur des constituants phénoliques, pour expliquer la relation entre leur effets antioxydants et leurs pouvoir réducteur (Siddhuraju, Mohan et al. 2002; Prakash 2010).

Le test du pouvoir réducteur a montré un bon pouvoir de l'extrait de gingembre analysé de l'ordre de $68.51 \pm 5,27$ mg EAG/g.

4.4.3. Piégeage du radical ABTS

Le radical ABTS préformé, est généré par l'oxydation de la molécule stable d'ABTS avec le persulfate de potassium (Re, Pellegrini et al. 1999). La méthode d'ABTS présente une coloration bleue turquoise lorsqu'il est piégé par des substances antioxydantes.

La forme réduite confère à la solution une coloration jaune, le virage vers cette coloration, l'intensité de la coloration de la couleur de la forme libre en solution, dépend de la nature, la concentration et la puissance de la substance anti-radicalaire (Miguel 2010).

Le résultat de l'activité antioxydante au radical ABTS, montre une bonne activité antioxydante de l'extrait de gingembre à $80,03 \pm 0,27\%$.

4.5. Analyses physico-chimiques du yaourt

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les quatre yaourts (A et B: yaourt à base de gingembre frais à différentes concentrations, C: yaourt non aromatisé et D: yaourt à base de gingembre sec) sont représentés dans le tableau IX.

Tableau IX: Paramètres physico-chimiques des quatre yaourts préparés

Paramètres	pH	Acidité (D°)	Brix	EST (%)	MG (%)
A	4,41	80	13	14,41	1,9
B	4,42	83	13	17,05	1,5
C	4,44	83	13,7	17,59	2
D	4,41	84	13,5	17,01	1,8
Normes(JORA)	4,3-4,8	75 - 100		23-25	2,7-3

4.5.1. pH

Les valeurs du pH des quatre produits analysés varient de 4,41 à 4,44 qui sont en accord avec la gamme de pH (3,39 à 5,68) donné par Jimoh and Kolapo (2007).

4.5.2. Acidité

L'acidité nous renseigne sur la teneur en acide lactique. Les résultats de l'acidité des quatre produits analysés varient de 80 à 84°D, qui sont conformes à la norme Algérienne d'après N° JORA : 086 du 18-11-1998 (ne doit pas être inférieure à 80°D).

4.5.3. Brix

Les résultats enregistrés n'indiquent aucune différence significative entre les quatre échantillons analysés, variant entre 13 et 13,7 degré Brix. Le résultat peut être expliqué par l'utilisation du même type de lait, même quantité de saccharose ajouté pour la préparations des différents yaourts (Lapointe-Vignola 2002), et que le gingembre n'a pas influencé sur le taux de sucre dans le yaourt.

4.5.4. EST

L'extrait sec total d'un yaourt dépend du lait et des ingrédients utilisés comme matières premières. Le taux d'extrait sec des différents yaourts élaborés varient entre 14,41% et 17,59%. Les échantillons B, C, D, ont révélés une teneur supérieur à l'échantillon A. Najgebauer-Lejko, Grega et al. (2014) Ont enregistrés une teneur en EST égale à 14,63% qui est proche de l'échantillon A.

4.5.5. Matière grasse (MG)

Le taux de MG obtenus pour les yaourts élaborés, varient de 1,5% à 2%. Les résultats enregistrés sont inférieurs à celles trouvés par Soomro, Arain et al. (2003) qui est de $2,48 \pm 0,05\%$. Cette teneur en MG dépend de la nature du lait utilisé dans la fabrication des quatre yaourts. En effet, lors de la préparation, nous avons utilisé du lait UHT demi écrémé.

4.6. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus pour les 4 yaourts élaborés sont illustrés dans le tableau X.

Tableau X: Résultats des analyses microbiologiques du yaourt

Germes recherchés yaourt	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	<i>Streptococcus aureus</i>	Levures	Moisissures
Yaourt A	0	0	0	Abs	Abs
Yaourt B	0	0	0	Abs	Abs
Yaourt C	0	0	0	Abs	Abs
Yaourt D	0	0	0	Abs	Abs
Normes	10/g	1/g	10/g	$<10^2$ /g	Absences/g

En comparant aux normes du Journal Officiel Algérien, les résultats microbiologiques obtenus sont conformes (absence total de tous germes pathogènes).

La conformité des yaourts élaborés est liée aux bonnes conditions hygiéniques lors de la fabrication et de stockage, ainsi qu'au respect des règles d'asepsies lors des prélèvements des échantillons et leurs analyses.

4.7. Analyse sensorielle

Avant d'effectuer les différents tests sur XLSTAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des jurys experts sont rapportées sur le logiciel, la procédure de génération, d'un plan d'expérience est lancée. Pour chaque catégorie de jury expert un plan d'expérience optimal a été trouvé, ce qui valide les autres tests sur XLSTAT-MX.

4.7.1. Caractérisation des produits

Cette analyse permet la caractérisation des produits, en fonction des préférences des juges, donc il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers, dans le cadre de l'analyse sensorielle (Josse, Husson et al. 2009).

- **Pouvoir discriminant par descripteur**

Permet d'afficher les descripteurs ordonnés du plus fort pouvoir discriminant au plus faible.

La figure ci-dessous représente les résultats du test

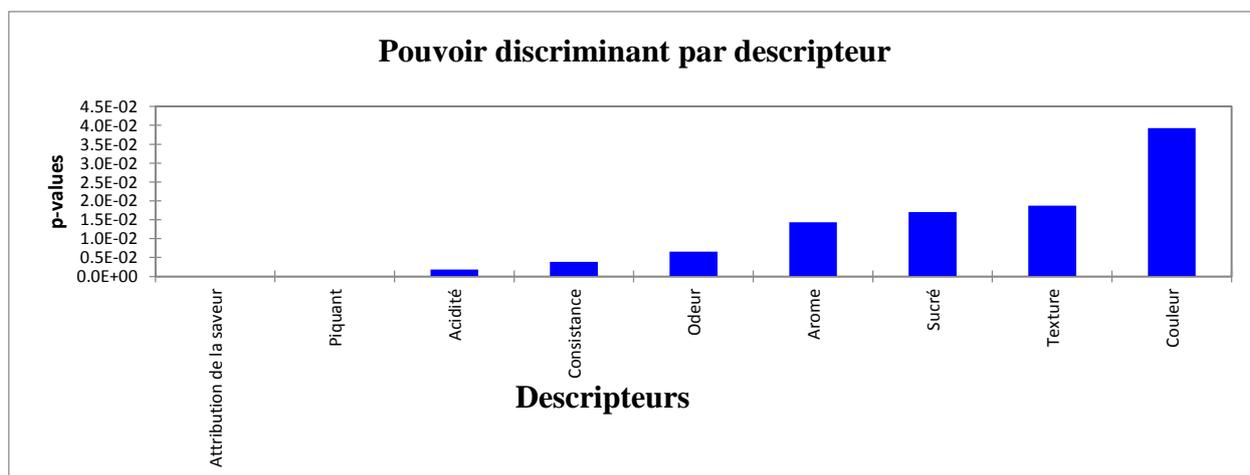


Figure 7 : Pouvoir discriminant par descripteur.

Le piquant et le type de la saveur sont les plus discriminants sur les quatre yaourts, c'est -à-dire que les sujets ont constatés des différences entre l'intensité du gout piquant des échantillons, et aussi ils ont attribués différents saveurs aux quatre yaourts.

Les descripteurs: acidité, consistance, odeur, arôme, le sucré et la texture sont moins discriminants par rapport aux deux descripteurs précédents (piquant et type de saveur), cependant le descripteur couleur est le moins discriminant.

- **Coefficients des modèles**

Les résultats des coefficients des modèles sont représentés dans la figure 19.

En bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positives, la couleur rouge est associée à un coefficient significativement négatif et en blanc, ce sont les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs.

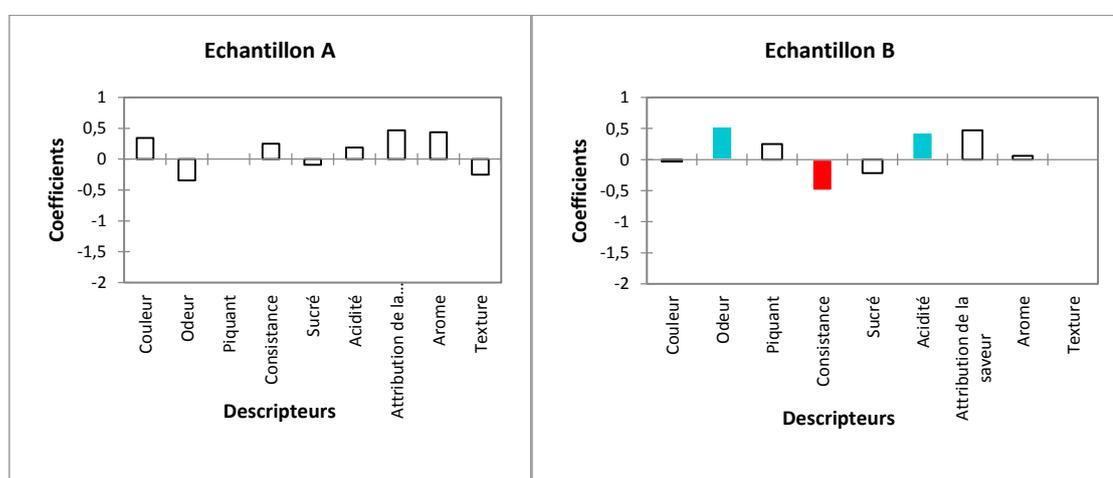


Figure 8: Coefficients des modèles de deux yaourts A et B.

Les graphes de la figure N°19, permet de visualiser et de définir les appréciations selon les experts et de définir le plus apprécié et le moins apprécié des deux échantillons A et B.

4.7.2. Cartographie de préférences

- **Analyse en composantes principales (ACP)**

Cette carte permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

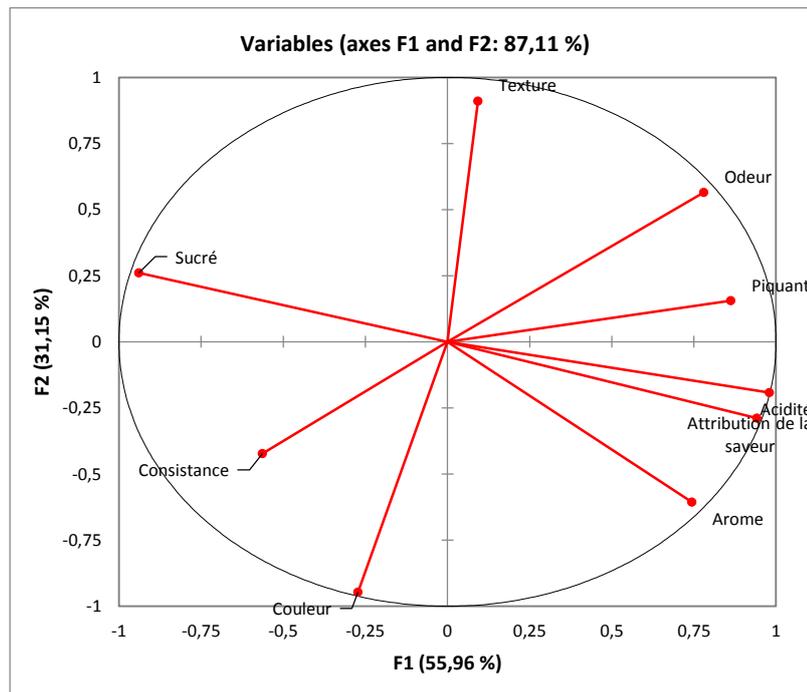


Figure 9 : Corrélation entre les variables et les facteurs

Selon ces résultats, la qualité est assez bonne puisqu'elle permet de représenter 87,11% de la variabilité. Les produits testés ont été perçus par les experts comme assez différents. Car les descripteurs sont bien dispersés dans le cercle.

- **Courbe de niveau et carte de préférence**

La cartographie des préférences donne une idée sur la préférence des juges, mais les résultats ne reflètent pas forcément les préférences du consommateur, car le nombre de sujets interrogés est de 8 personnes ce qui n'est pas représentatif de la population (Figure 21).

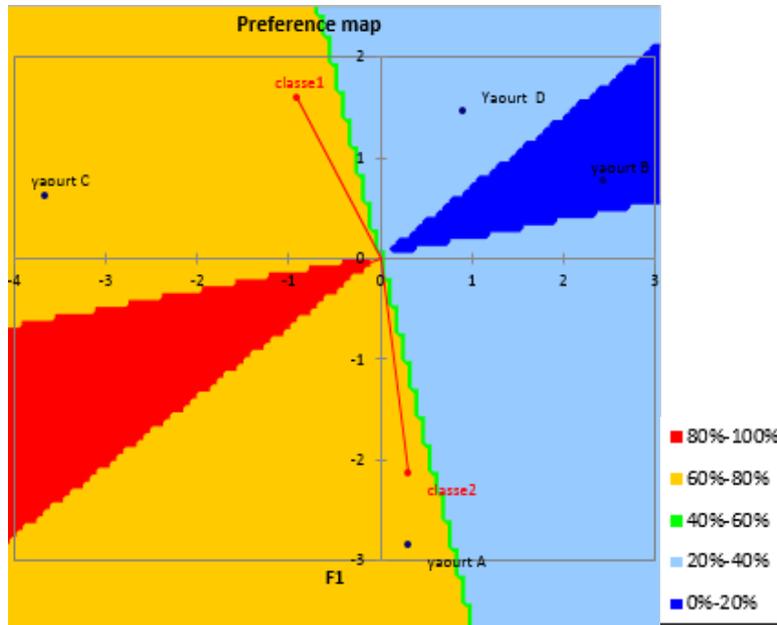


Figure 10: Courbe de niveau et carte de préférence.

D'après les résultats obtenus:

- La couleur rouge; représente le degré de préférence qui est de 80% à 100% à ce niveau y'avait pas de yaourt qui est extrêmement préféré,
- La couleur jaune; représente le degré de préférence qui est de 60% à 80% à ce niveau le yaourt C et A sont les plus préférés.
- Le yaourt D est moins préféré présenté dans la zone bleue ciel avec un degré de préférence de 20% à 40%
- Le yaourt B n'est pas préférable avec un degré de préférence de 0% à 20% qui est présenté avec une couleur bleu foncé.

Conclusion

De nos jours, les consommateurs, sont de plus en plus intéressés par leur santé personnelle, et souhaitent trouver sur le marché des produits alimentaires nouveaux qui contribueront à la prévention contre certaines maladies, aussi ils sont beaucoup plus exigeant concernant les produits alimentaires.

Dans cette présente étude, nous nous sommes intéressés d'une part à l'investigation sur l'intérêt nutritionnel du gingembre et sur l'activité anti-radicalaire, anti-oxydante du rhizome de *Zingiber officinale* et d'autre part à la formulation d'un yaourt étuvé à base de gingembre (*Zingiber officinale*).

L'addition de gingembre frais, et de poudres de gingembre dans nos yaourts nous a permis d'obtenir un yaourt riche notamment en antioxydants.

Les résultats obtenues montrent que le gingembre renferme des quantités considérables en antioxydants (Polyphénols totaux: $38,99 \pm 1,81$ mg EAC/g, Flavonoïdes $0,18 \pm 0,04$ mg EQ/g et tanins $6,79 \pm 0,1$ mg/ EC/g) et exercent une bonne activité antioxydante (DPPH: $66,24 \pm 10,18\%$, ABTS: $80,03 \pm 0,27\%$, pouvoir réducteur: $68,51 \pm 5,27$ mg EAG/g)

Les résultats des analyses physico-chimiques des quatre yaourts élaborés: deux yaourts à base de gingembre frais à différentes concentrations, yaourt non aromatisé et yaourt à base de poudre de gingembre montrent clairement leur parfaite conformité aux normes pH (4,41 à 4,44), taux d'acidité (80°D à 84°D), Brix (13 à $13,7^{\circ}\text{Brix}$), EST (14.41% à 17.01%), MG (1,5% à 2%) ce qui offre aux yaourts une meilleure stabilité.

Les résultats des analyses microbiologiques sont conformes aux normes et révèlent une bonne qualité hygiénique.

Le test d'analyse sensorielle réalisé afin de recenser la qualité organoleptique des quatre yaourts formulés a montré l'appréciation du jury et leur satisfaction envers le produit B à base de gingembre frais.

Nous encourageons à ce qu'il y aurait d'autres recherches plus profondes, qui vont accentuer le présent travail et le compléter, vu la richesse des rhizomes du gingembre en antioxydants naturels. Nous proposons de ce fait l'évaluation de l'activité antioxydante du yaourt enrichi au gingembre et également la réalisation d'une analyse hédonique.

*Référence
bibliographiques*

A

- Adolfsson, O., Meydani, S.N., Russell, R.M., 2004. Yogurt and gut function. *The American journal of clinical nutrition* 80, 245-256..
- Aggarwal, B.B., Shishodia, S., 2006. Molecular targets of dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Biochemical pharmacology* 71, 1397-1421.
- Ahmed, S., Siraj, S., Rahman, M.Z., Roy, S.K., 2013. Quality composition and biological significance of the Bangladeshi and China ginger (*Zingiber Officinale Rosc.*). *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 2, 2283.
- Akowuah, G., Ismail, Z., Norhayati, I., Sadikun, A., 2005. The effects of different extraction solvents of varying polarities on polyphenols of *Orthosiphon stamineus* and evaluation of the free radical-scavenging activity. *Food chemistry* 93, 311-317.
- Ali, B.H., Blunden, G., Tanira, M.O., Nemmar, A., 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*): a review of recent research. *Food and chemical Toxicology* 46, 409-420.

B

- Barros, L., Ferreira, M.-J., Queiros, B., Ferreira, I.C., Baptista, P., 2007. Total phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. *Food chemistry* 103, 413-419.
- Balladin, D., Yen, I.C., McGaw, D., Headley, O., 1996. Solar drying of West Indian ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) rhizome using a wire basket dryer. *Renewable Energy* 7, 409-418.
- Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., Marzouk, B., 2008. Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendus Biologies* 331, 48-55.
- Bourlioux, P., Braesco, V., Mater, D.D., 2011. Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 46, 305-314.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* 28, 25-30.
- Bruzzone, F., Ares, G., Giménez, A., 2013. Temporal aspects of yoghurt texture perception. *International Dairy Journal* 29, 124-134.

C

Chen, I.-N., Chang, C.-C., Ng, C.-C., Wang, C.-Y., Shyu, Y.-T., Chang, T.-L., 2008. Antioxidant and antimicrobial activity of Zingiberaceae plants in Taiwan. *Plant foods for human Nutrition* 63, 15-20.

D

De Syndifrais, M.S., 1997. Yaourts, laits fermentés. *Le Lait* 77, 321-358.

Ding, S., An, K., Zhao, C., Li, Y., Guo, Y.H., Wang, Z., 2012. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food and Bioproducts Processing* 90, 515-524

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N., 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry* 97, 654-660.

E

Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F., Bekhradnia, A.R., 2008. Iron chelating activity, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran. *African Journal of Biotechnology* 7.

Enneb, H., Belkadhi, A., Cheour, F., Ferchichi, A., 2015. Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis* L.). *Journal of New Sciences* 20.

F

Faivre, C., Lejeune, R., Staub, H., Goetz, P., 2006. *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie* 4, 99-102.

FAO(1975) Norme FAO II

Fédération internationale de laiterie, FIL (1984) Séminaire sur les laits fermentés, Avignon 14-16 mai

Fernandez, M.A., Picard-Deland, É., Daniel, N., Marette, A., 2017. Yaourt et santé: revue des données récentes. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 52, S48-S57.

G

Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z., Rahmat, A., 2010. Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules* 15, 4324-4333.

Gigon, F., 2012. Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytothérapie* 10, 87-91.

Green, R.J., 2004. Antioxidant activity of peanut plant tissues.

Grzanna, R., Lindmark, L., Frondoza, C.G., 2005. Ginger—an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions. *Journal of medicinal food* 8, 125-132.

H

H.B., 2015. Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes. *Industrial Crops and Products* 77, 30-35.

Harborne, A., 1998. *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. Springer science & business media.

Ho, S.-C., Tang, Y.-L., Lin, S.-M., Liew, Y.-F., 2010. Evaluation of peroxynitrite-scavenging capacities of several commonly used fresh spices. *Food chemistry* 119, 1102-1107.

Houghton, P.J., 2000. Use of small scale bioassays in the discovery of novel drugs from natural sources. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* 14, 419-423.

J

Jelled, A., Fernandes, Â., Barros, L., Chahdoura, H., Achour, L., Ferreira, I.C., Cheik., (2015)"Chemical and antioxidant parameters of dried forms of ginger rhizomes." *Industrial Crops and Products* 77: 30-35.

Jimoh, K., Kolapo, A., 2007. Effect of different stabilizers on acceptability and shelfstability of soy-yoghurt. *African Journal of Biotechnology* 6.

J.O.R.A. N°035 du 27 mai 1998 (page 07)

Josse, J., Husson, F., Pagès, J., 2009. Gestion des données manquantes en analyse en composantes principales. *Journal de la Société Française de Statistique* 150, 28-51.

K

Kikuzaki, H., Nakatani, N., 1993. Antioxidant effects of some ginger constituents. *Journal of food science* 58, 1407-1410

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

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

L

Laburnum (Cassia fistula L.), 2002: a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. Food chemistry 79, 61-67.

Lapointe-Vignola, C., 2002. Science et technologie du lait: transformation du lait. Presses inter Polytechnique.

Luzzana, M., Agnellini, D., Cremonesi, P., Caramenti, G., De Vita, S., 2003. Milk lactose and lactulose determination by the differential pH technique. Le Lait 83, 409-416.

M

Mahluji, S., Attari, V.E., Mobasseri, M., Payahoo, L., Ostadrahimi, A., Golzari, S.E., 2013. Effects of ginger (*Zingiber officinale*) on plasma glucose level, HbA1c and insulin sensitivity in type 2 diabetic patients. International journal of food sciences and nutrition 64, 682-686.

Mahmoudi, S., Khali, M., Mahmoudi, N., 2013. Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). Nature & Technology, 35.

Maizura, M., Aminah, A., Wan Aida, W., 2011. Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. International Food Research Journal 18.

Malhotra, S., Singh, A.P., 2003. Medicinal properties of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.).

Mathew, S., Prakash, A., Radhakrishnan, E., 2017. Sunlight mediated rapid synthesis of small size range silver nanoparticles using *Zingiber officinale* rhizome extract and its antibacterial activity analysis. Inorganic and Nano-Metal Chemistry, 1-7.

Michel de Iorgeril, Patricia Selen., 2015. The Mediterranean Diet to prevent type 2 Diabetes and its Complication, pages 337-342.

Miguel, M.G., 2010. Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oils: a short review. Molecules 15, 9252-9287.

Mozaffari-Khosravi, H., Talaei, B., Jalali, B.-A., Najarzadeh, A., Mozayan, M.R., 2014. The effect of ginger powder supplementation on insulin resistance and glycemic indices in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Complementary therapies in medicine 22, 9-16.

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.
- Najgebauer-Lejko, D., Grega, T., Tabaszewska, M., 2014. Yoghurts with addition of selected vegetables: acidity, antioxidant properties and sensory quality. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 13, 35-42.
- Nandi, S., Saleh-e-In, M.M., Rahim, M.M., Bhuiyan, M.N.H., Sultana, N., Ahsan, M.A.(2013). "Quality composition and biological significance of the Bangladeshi and China ginger (*Zingiber Officinale* Rosc.)." *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 2(5): 2283.
- Ncube, N., Afolayan, A., Okoh, A., 2008. Assessment techniques of antimicrobial properties of natural compounds of plant origin: current methods and future trends. *African Journal of Biotechnology* 7.
- Nicholson, R., Vermeris, W., 2006. *Phenolic Compound Biochemistry*. Netherlands: Springer.
- Nishimura, O., 1995. Identification of the characteristic odorants in fresh rhizomes of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using aroma extract dilution analysis and modified multidimensional gas chromatography-mass spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry* 43, 2941-2945.
- Nongonierma, A.B., Springett, M., Le Quéré, J.-L., Cayot, P., Voilley, A., 2006. Flavour release at gas/matrix interfaces of stirred yoghurt models. *International Dairy Journal* 16, 102-110.
- Nwinuka, N., Ibeh, G., Ekeke, G., 2005. Proximate composition and levels of some toxicants in four commonly consumed spices.

O

- Ozsoy, N., Can, A., Yanardag, R., Akev, N., 2008. Antioxidant activity of *Smilax excelsa* L. leaf extracts. *Food chemistry* 110, 571-583.

P

- Pang, X., Cao, J., Wang, D., Qiu, J., Kong, F., 2017. Identification of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) volatiles and localization of aroma-active constituents by GC-olfactometry. *Journal of agricultural and food chemistry* 65, 4140-4145.
- Park, Y., 1994. Nutrient and mineral composition of commercial US goat milk yogurts. *Small Ruminant Research* 13, 63-70.

Platel, K., Srinivasan, K., 2004. Digestive stimulant action of spices: a myth or reality? *Indian Journal of Medical Research* 119, 167.

Podsędek, A., 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT-Food science and Technology* 40, 1-11.

Prakash, J., 2010. Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research* 4, 2674-2679.

R

Rababah, T.M., Hettiarachchy, N.S., Horax, R., 2004. Total phenolics and antioxidant activities of fenugreek, green tea, black tea, grape seed, ginger, rosemary, gotu kola, and ginkgo extracts, vitamin E, and tert-butylhydroquinone. *Journal of agricultural and food chemistry* 52, 5183-5186.

Rasic, J.L., Kurmann, J.A., 1978. *Yoghurt. Scientific grounds, technology, manufacture and preparations.*

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine* 26, 1231-1237.

S

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

Shah, N.P., 2006. Health benefits of yogurt and fermented milks. *Manufacturing yogurt and fermented milks* 327.

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

Sharif, M., Bennet, M., 2016. The effect of different methods and solvents on the extraction of polyphenols in ginger (*Zingiber officinale*). *Jurnal Teknologi* 78, 49-54.

Sharma, C., Ahmed, T., Sasidharan, S., Ahmed, M., Hussain, A., 2009. Use of gemcitabine and ginger extract infusion may improve the efficiency of cervical cancer treatment. *African Journal of Biotechnology* 8.

Siddhuraju, P., Mohan, P., Becker, K., 2002. Studies on the antioxidant activity of Indian

Silva, B.A., Ferreres, F., Malva, J.O., Dias, A.C., 2005. Phytochemical and antioxidant characterization of *Hypericum perforatum* alcoholic extracts. *Food chemistry* 90, 157-167.

Soomro, A., Arain, M., Khashkeli, M., Bhutto, B., 2003. Comparative study on the physico-chemical composition of industrial yoghurt and indigenous dahi. *OnLine Journal of Biological Sciences (Pakistan)*.

Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P., Gargova, S., 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food chemistry* 102, 764-770.

Spigno, G., Tramelli, L., De Faveri, D.M., 2007. Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of food engineering* 81, 200-208.

Suhaj, M., 2006. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. *Journal of food composition and analysis* 19, 531-537.

T

Tepe, B., Sokmen, M., Akpulat, H.A., Sokmen, A., 2006. Screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food chemistry* 95, 200-204.

Teuscher, E., Anton, R., Lobstein, A., 2005. *Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Tec & Doc.

W

Wissen Aidi Wannes, Brahim Marzouk., 2006. Research progress of Tunisian medical plants used For acute diabetes, Review article. *Journal of Acute Disease*, Volume 5, Issue 5, Pages 357-363.

Annexes

Annexe I

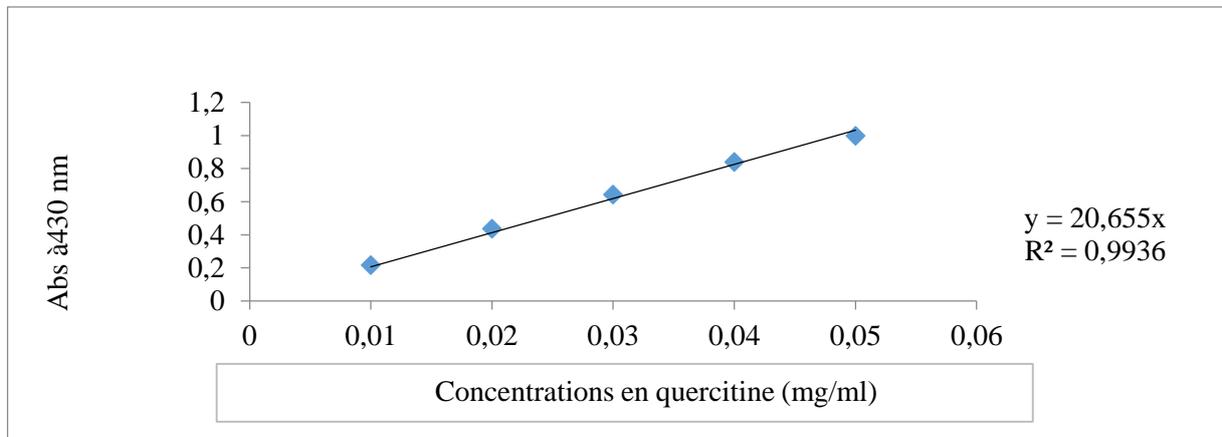


Figure 1: Courbe d'étalonnage de la quercitrine (mg/ml)

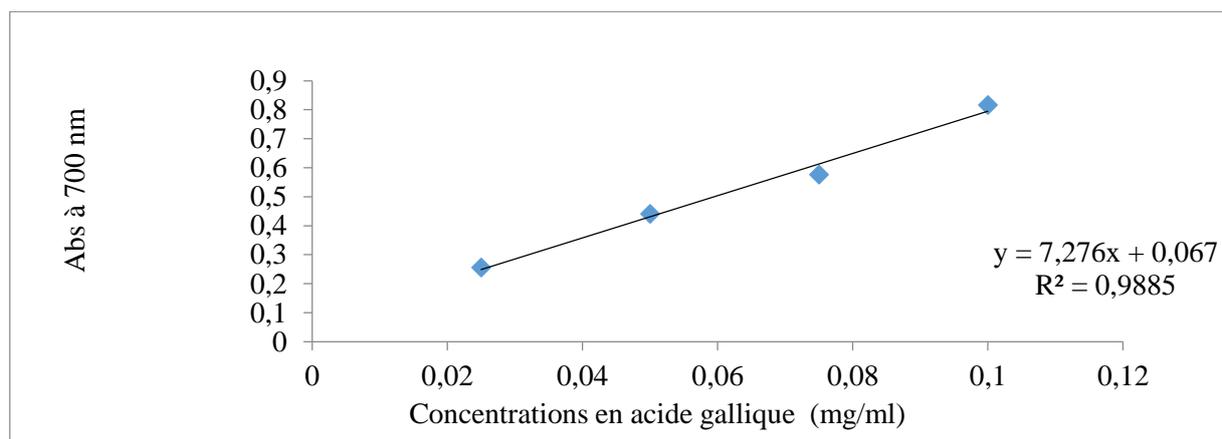


Figure 2: Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

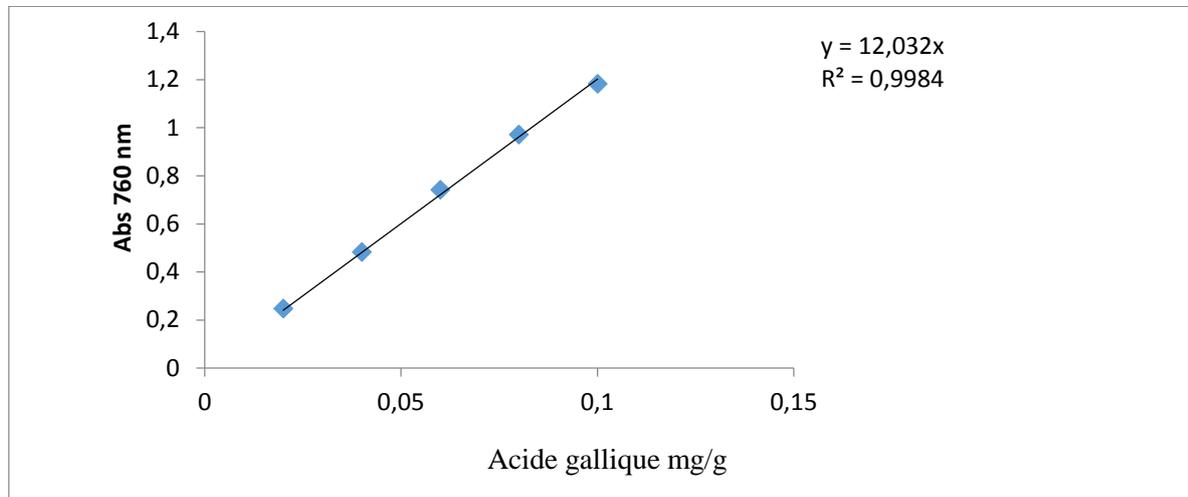


Figure 3: Courbe d'étalonnage d'acide gallique mg/ml

Annexe II

Questionnaire d'évaluation sensorielle de quatre échantillons du yaourt

Age:....

Sexe : F ou H

Date :.../.../...

Quatre échantillons de yaourt étuvé codés **A, B, C et D** vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et d'attribuer une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante :

1. Couleur :

- 1 : Blanche
- 2 : Blanc beige
- 3 : Beige
- 4 : Beige foncé
- 5 : Jaune

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

2. Odeur :

- 1 : Très faible
- 2 : Faible
- 3 : Moyenne
- 4 : Forte
- 5 : Très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

3. Gout piquant :

1 : Absent

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Intense

5 : Très intense

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

3. Consistance :

1 : Pas ferme

2 : Faiblement ferme

3 : Moyennement ferme

4 : Ferme

5 : Très ferme

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

4. Sensation en bouche :**A. Saveur**

- **Saveur sucré :**

1 : Absent

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Fort

5 : Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

- **Saveur acide :**

- 1 : Absent
- 2 : Faible
- 3 : Moyen
- 4 : fort
- 5 : Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

- **Attribution de la saveur :**

1. Aucune
2. Vanille
3. Citron
4. Gingembre
5. Ananas

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

- A. Arôme :**

- 1 : Absent
- 2 : Faible
- 3 : Moyen
- 4 : Fort
- 5 : Très fort

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

B. Texture

- 1 : Très granuleuse
- 2 : Granuleuse
- 3 : Moyenne
- 4 : Lisse
- 5 : Très lisse

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

5. Classez selon l'ordre de préférence les échantillons (A, B, C et D) en leur attribuant une note de 1 à 9 sachant que 1 correspond au moins préféré et 9 au plus préféré comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

- 1 : Extrêmement désagréable
- 2 : Très désagréable
- 3 : Assez désagréable
- 4 : Désagréable
- 5 : Ni agréable ni désagréable
- 6 : Assez agréable
- 7 : Agréable
- 8 : Très agréables
- 9 : Extrêmement agréable

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

6. Quels sont les caractéristiques qui ont motivé votre préférence ?

- 1 : La couleur
- 2 : L'odeur
- 3 : La texture
- 4 : Le goût
- 5 : La consistance

Autre.....

** Merci pour votre coopération **

Résumé

La présente étude, porte sur le dosage de composé antioxydants et l'activité antioxydante du rhizome de *Zingiber officinale* et formulation d'un yaourt étuvé à base de gingembre (*Zingiber officinale*).

Les résultats obtenus montrent que le gingembre renferme des quantités considérables en antioxydants (polyphénols: $38,99 \pm 1,81$ mg EAG/g, flavonoïdes: $0,18 \pm 0,04$ mg EQ/g, tanins: $6,79 \pm 0,1$ mg EC/g), et exerce une bonne activité antioxydante (DPPH: $66,24\% \pm 10,18$, ABTS : $80,03\% \pm 0,27$, pouvoir réducteur ferrique: $68,51 \pm 5,27$ mg EAG/g).

L'analyse physico-chimique du yaourt enrichit a révélé une bonne stabilité du produit (pH: 4,41 à 4,44, Acidité: 80 à 84°D, Brix: 13 à 13,7°Brix, EST: 14,41 à 17,59%, MG: 1,5 à 2%) et l'analyse microbiologique est conforme aux normes du Journal Officiel Algérien.

L'étude sensorielle a montré que le yaourt étuvé enrichit au gingembre que nous avons élaboré a été largement apprécié par le jury expert.

Mots clé: yaourt, gingembre, activité antioxydante, analyses physicochimiques, analyses microbiologique, analyses sensorielle.

Abstract

The present study investigates the antioxidant compounds and antioxidant activity of the *Zingiber officinale* rhizome and the preparation of yoghurt enriched with ginger (*Zingiber officinale*).

Results show that ginger contains high amounts of antioxidants (polyphenols: $38,99 \pm 1,81$ mg EAG/g, flavonoids: $0,18 \pm 0,04$ mg EQ/g, tannins: $6,79 \pm 0,1$ mg EC/g) and exerts a good antioxidant activity (DPPH: $66,24\% \pm 10,18$, ABTS: $80,03\% \pm 0,27$, ferric reducing capacity: $68,51 \pm 5,27$ mg EAG/mg)

The physicochemical analysis of the enriched yoghurt demonstrate a good stability of the product (pH: 4,41 to 4,44, Acidity: 80 to 84°D, Brix: 13 to 13,7 ° Brix, EST: 14,41 at 17,59%, MG; 1,5 to 2%) and the microbiological analysis complies with standards of the Algerian Official Journal.

The sensory study showed that the prepared steamed yoghurt enriched with ginger was widely appreciated by the expert jury.

Key words: yoghurt, ginger, antioxidant activity, physicochemical analyzes, microbiological analyzes, sensory analyzes.