

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA –Bejaïa.

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
Département des Sciences Alimentaires.
Filière : Science Alimentaire
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire.



Réf :.....

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

MASTER

Thème

***Enrichissement d'un produit laitier
par des antioxydants d'origine
naturelle***

Présenté par :
BOUAZIZ Sylia & BORDJIHANE Yasmina.

Soutenu le: **24 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M^{me} GUENDOUZE N
M^{elle} BRAHMI F
M^r BOUSSALAH N

MCB
MCB
MAA

Présidente
Encadreur
Examineur

Année universitaire : 2017 / 2018

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons nos remerciements et notre profonde gratitude au Bon Dieu qui nous a donné la force et la volonté d'élaborer ce modeste travail.

Nous voudrions exprimer nos sincères remerciements en premier lieu A notre promotrice M^{me} BRAHMI F d'avoir accepté de nous encadrer et de nous donner la possibilité d'effectuer ce travail et pour son aide, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion, nous la remercions vivement.

Ainsi qu'à M^{me} GUENDOUZE N qui a bien voulu nous faire l'honneur de présider ce travail.

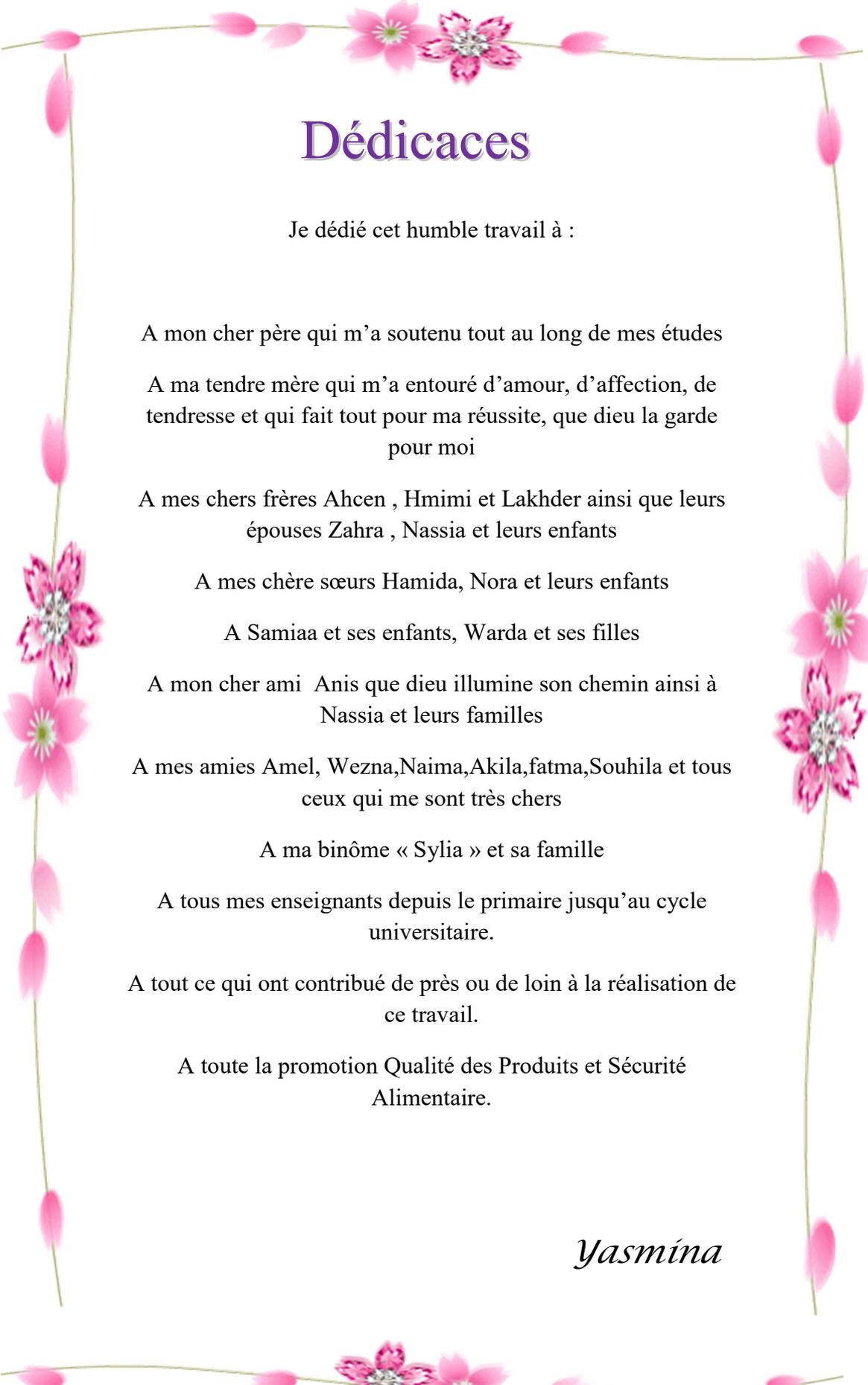
Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à M^r BOUSSALAH N qui a bien voulu nous faire l'honneur d'examiner ce travail.

Nous voudrions étendre cette gratitude à Monsieur BELIL SMAIL pour son accueil et suivi au sein de l'entreprise DANONE ainsi qu'à tous le personnel.

Nous inscrivons aussi dans ces lignes notre reconnaissance envers tous nos enseignants (es) durant le parcours universitaire particulièrement M^{me} SMAIL L.

On tient à remercier également tous les gens qui nous ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Sans oublier l'ingénieur du laboratoire MmeYALAOUI Drifa et M^{elle} GUEMOUNI Sara pour son aide et leurs conseils



Dédicaces

Je dédie cet humble travail à :

A mon cher père qui m'a soutenu tout au long de mes études

A ma tendre mère qui m'a entouré d'amour, d'affection, de tendresse et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde pour moi

A mes chers frères Ahcen , Hmimi et Lakhder ainsi que leurs épouses Zahra , Nassia et leurs enfants

A mes chère sœurs Hamida, Nora et leurs enfants

A Samiaa et ses enfants, Warda et ses filles

A mon cher ami Anis que dieu illumine son chemin ainsi à Nassia et leurs familles

A mes amies Amel, Wezna, Naima, Akila, fatma, Souhila et tous ceux qui me sont très chers

A ma binôme « Sylia » et sa famille

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'au cycle universitaire.

A tout ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A toute la promotion Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire.

Yasmina

Dédicaces

A la source de la tendresse et de l'amour ; à celle qui m'a offert une enfance très heureuse et celle qui a su être toujours à mes côtés dans la joie et la peine, ma mère, que Dieu te garde pour nous.

*A mon cher père, qui a été toujours mon appui moral, et qui n'a jamais arrêté de m'encourager et de m'aider dans ma vie et surtout dans mes études,
Que Dieu te garde pour nous*

« Papa, maman merci pour tout »

A mon précieux frère « Koceïla »

A ma chère et adorable sœur « Sabine »

A tous mes amies Pino, Lili, Katy, Imène

A tous mes cousins et cousines, mes tantes, mes oncles

A ma cher binôme Yasmîna pour sa patience sa gentillesse et sa générosité tout le long de nos études, ainsi à toute sa famille

A toute la promotion Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire et à tout le personnel du laboratoire d'analyse instrumentale.

SYLIA

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le chêne vert

I. 1. Origine et répartition géographique 3

I. 2. Classification botanique 4

I. 3. Caractères botaniques..... 4

I. 4. Composition chimique et valeur nutritionnels 5

I.5. Usage et effet thérapeutique 5

II. Généralité sur la patate douce

II.1. Origine et distribution géographique 6

II.2. Classification botanique..... 6

II.3. Description de la patate douce 6

II. 4. Les variétés cultivées 7

II.5. Composition chimique et valeur nutritive 7

II.6. Usage et effet thérapeutique 7

III. Généralité sur composés phénoliques

III.1. Polyphénols 8

III.2. Flavonoïdes 8

III.3. Tannins 9

IV. Généralité sur le yaourt

IV.1. Le lait 9

IV.2. Définition d'un yaourt 9



Sommaire

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

I.1. Echantillonnage 10

I.2. Traitement des échantillons 10

II. Préparation des extraits bruts 11

III. Dosage des antioxydants

III.1. Dosage des polyphénols totaux 11

III.2. Dosage des flavonoïdes 11.

III.3. Dosage des tannins 12

IV. Evaluation de l'activité antioxydante

V.1. Activité scavenger du radical DPPH° 13

IV.2. Pouvoir réducteur 14

V. Fabrication et caractérisation microbiologique et physico-chimique de yaourts préparés à base des échantillons étudiés 15

V.1. Dénombrement des entérobactéries et la flore totale 15

V.2. Elaboration et caractérisation du yaourt brassé 15

V.3. Caractérisation physico-chimique et microbiologique du yaourt élaboré

V.3.1. Caractérisation microbiologique

V.3.1.1. Dénombrement des entérobactéries, Levures et Moisissures 17

V.3.1.2. Test de stress 17

V.4. Caractérisation physico-chimique

V.4.1. Détermination du pH 17

V.4.2. La viscosité 18

VI. Analyse sensorielle 18

VII. Analyse statistique 18

Résultats et discussion

I. Détermination du rendement d'extraction 19

II. Dosage des polyphénols totaux 19

III. Dosage des flavonoïdes 22

IV. Dosage des tannins 25

V. Pouvoir anti-radicalaire 26

VI. Pouvoir réducteur 28

VII. Résultats des analyses microbiologique 31

Sommaire

VII.1. Poudres.....	31
VII.2. Produits finis	31
VII.2.1. Test de stress	32
VIII. Résultats des analyses physico-chimiques.....	32
IX. Résultats de l'analyse sensorielle	33
IX.1. Caractérisation produit	33
IX.1.1 Pouvoir discriminant par descripteur	33
IX.1.2. Coefficient des modèles	34
IX.1.3. Moyenne ajustées par produit	35
IX.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP	36
Conclusion et perspective	40
Références bibliographiques	
Annexes	

BSA : Sérum albumine bovine

DPPH :2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

EAG :Equivalent acide gallique

EAT :Equivalent acide tannique

EQ : équivalent quercétine

F.A.O : Food and Agriculture Organization of the United Nations

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%

MS : Matière sèche

OGA : Oxytétracycline Glucose Agar

O.M.S : Organisation mondiale de la santé

PCA : Plate Count Agar

PM : poids moléculaire

pH : Potentiel d'hydrogène

SDS : Sodium dodecyl sulfate

TCA : Acide trichloracétique

TCs : Tannins condensés

TEA :Triéthanolamine

THs : Tannins hydrolysables

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar

V/V : volume /volume

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Distribution du <i>Quercus ilex</i> dans son aire Géographique méditerranéenne	3
02	Répartition du chêne vert en Algérie	3
03	Aperçu d'ensemble du chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)	5
04	Patate douce « <i>Ipomoea batatas</i> »	7
05	Photographie des morceaux de blanc de gland de chêne, d'écorce de gland de chêne et d'épluchures de la patate douce	10
06	Forme libre et réduite du DPPH	13
07	Diagramme de fabrication d'un yaourt brassé	16
08	Teneur en polyphénols totaux des extraits de blanc de gland de chêne	20
09	Teneur en polyphénols totaux des extraits de l'écorce de gland de chêne	21
10	Teneur en polyphénols totaux des extraits d'épluchures de la patate douce	22
11	Teneur en flavonoïdes des extraits de blanc de gland de chêne	23
12	Teneur en flavonoïdes des extraits d'écorce de gland de chêne	24
13	Teneur en flavonoïdes des extraits d'épluchure de la patate douce	24
14	Teneurs en tannins des extraits de blanc de gland de chêne	25
15	Teneurs en tannins des extraits d'écorce de gland de chêne	26
16	Pouvoir anti-radicalaire des extraits de blanc de gland de chêne	27
17	Pouvoir anti-radicalaire des extraits d'écorce de gland de chêne	27
18	Pouvoir anti-radicalaire des extraits d'épluchure de la patate	28
19	Pouvoir réducteur de blanc de gland de chêne	29
20	Pouvoir réducteur des extraits d'écorce de gland de chêne	30
21	Pouvoir réducteur des extraits d'épluchures de la patate douce	30
22	Pouvoir discriminant par descripteur	34
23	Coefficients des modèles des trois échantillons du yaourt A, B et C.	35-36
24	Corrélation entre les variables et les facteurs.	37

Liste des figures

25	Profil des classes créés	38
26	Carte de préférence PREFMAP	39

N°	Titre	Page
I	Taxonomie du chêne vert (<i>Quercus ilex</i> L.)	4
II	Composition chimique de gland de chêne vert (% de MS)	5
III	Taxonomie de la patate douce (<i>Ipomoea batatas</i>)	6
IV	Rendements d'extraction par l'éthanol à différentes concentrations des échantillons étudié	19
V	Résultats d'analyses microbiologiques des trois poudres étudiées	31
VI	Résultats d'analyses microbiologiques des trois yaourts	32
VII	Paramètres physico-chimiques du yaourt brassé à base des trois poudres	32
VIII	Moyenne ajustée par produits	36

Introduction

Les antioxydants sont largement utilisés comme additifs par l'industrie alimentaire pour empêcher ou retarder l'altération des aliments, en inhibant notamment l'oxydation lipidique. Parallèlement, leur rôle préventif vis-à-vis du stress oxydatif a fait l'objet de nombreuses études, dans le but d'éviter l'apparition de maladies graves comme certains cancers, maladies cardiovasculaire ou maladie dégénératives liées au vieillissement. Les problèmes de sécurité liés à l'utilisation d'antioxydants de synthèse, toute comme la préférence du consommateur pour des produits d'origine naturels, amène à rechercher des produits d'origine alimentaire aux propriétés antioxydantes (**Girardet, 2011**).

En outre, ces dernières années ont connu une exploitation appréciable des plantes, fruits et légumes notamment qui ont suscité un intérêt de plus en plus croissant aussi bien chez les consommateurs que chez les diététiciens et les nutritionnistes. Ils servent, en outre, à l'élaboration de produits alimentaires de grandes valeurs nutritionnelle et diététique (**Pincemail et al., 2007**).

Dans ce cadre nous nous sommes intéressées à l'étude des antioxydants d'origine naturelle. Le gland de chêne et les épluchures de la patate douce sont parmi ces produits qui sont connus par leurs richesses en antioxydants notamment en composés phénoliques et sont abondants en Algérie. D'ailleurs, une attention particulière a été proclamée pour ces fruits par les chercheurs et des industriels.

D'autre part, les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation dans beaucoup de pays. L'évolution actuelle du marché des produits alimentaires incite l'industrie de la transformation à élaborer sans cesse de nouveaux produits (**Coupez V.G et Hébel P, 2017**). L'enrichissement des yaourts par d'antioxydants naturels est très peu documenté. De ce fait, une stratégie d'incorporation d'extraits végétaux bruts dans ce type de produit laitier peut s'avérer bénéfique pour l'amélioration de la qualité du produit, vu l'impact positif des interactions entre les molécules poly phénoliques et les protéines lactières.

C'est dans cette perspective d'évaluation et de valorisation de ces produits naturels que s'inscrit notre étude, qui porte sur l'élaboration de yaourts à base des poudres de blanc de gland de chêne, d'écorces de gland de chêne et des épluchures de la patate douce.

L'exploitation des produits naturels est souvent précédée par leur extraction, En fait, pour choisir le solvant qui permet d'extraire les composés actifs de plantes ou aliments, nous devrions choisir le solvant le moins nocif et le plus facile à évaporer. Donc, dans ce cas, l'éthanol est moins dangereux et peut être évaporé facilement. Par conséquent, avant de procéder à l'élaboration de ces yaourts, il s'est avérée important de déterminer le quel des extraits éthanolique (20 à 100%) est adéquat en donnant les meilleures teneurs en antioxydants et une meilleure activité antioxydante pour chaque échantillon.

Nous sommes aussi appelés en réalisant ce travail à répondre à une problématique d'importance majeure : est-ce que les yaourts élaborés enrichis par les antioxydants naturels à partir des poudres étudiées vont être appréciés par le dégustateur ?

Par conséquent, pour réaliser cette étude deux volets vont être traités :

Le premier porte sur une synthèse bibliographique qui va nous permettre d'avoir entre autres un aperçu sur les échantillons choisis dans cette étude.

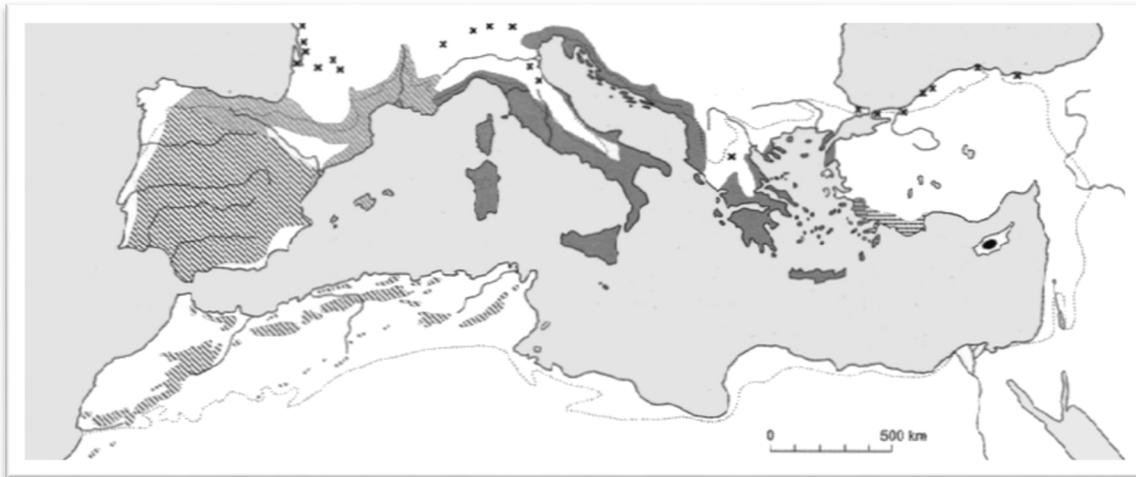
Le deuxième sur la partie pratique qui est scindée en matériel et méthodes où va être décrite la démarche expérimentale suivie, et la partie résultats et discussion qui va traiter et interpréter les données obtenues. Ce travail va être ensuite terminé par une conclusion et de futures perspectives.

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le chêne vert

I.1. Origine et répartition géographique

Le chêne vert est originaire du sud de l'Europe et du bassin méditerranéen mais cultivé plus au nord depuis le XXI^{ème} siècle (Russell, 2013). Le Chêne méditerranéen sclérophylle constituant initialement les forêts climatiques de méditerranée occidentale (Ramade, 2002), mais qui se rencontre également sous climat atlantique : Portugal, nord de l'Espagne, centre et sud-ouest de la France (Figure 01) (Becker et al., 1982).



Quercus ilex 

Figure 01 : Distribution du *Quercus ilex* dans son aire Géographique méditerranéenne (Berrichi, 2011).

Le chêne vert occupe une très grande partie de la surface forestière Algérienne ; ils couvrent des superficies étendues notamment dans l'Atlas saharien que l'Atlas Tellien où il forme de belles forêts en Kabylie et sur les monts de Tlemcen (Figure 02) (Benia F, 2010).



Figure 02 : La répartition du chêne vert en Algérie (INRF, 2010)

I.2. Classification botanique

Le chêne vert (*Quercus ilex*L.) est une espèce sempervirente de la famille des Fagacées. La classification de cet arbre, encore appelé « Yeuse » (Becker et al., 1982), est établi en 1984, par Dahmani comme suit (Tableau I) :

Tableau I : Taxonomie du chêne vert (*Quercus ilex* L.)

Règne	Végétal
Embranchement	Trachéophytes
Sous-embranchement	Ptéropsidés
Classe	Angiospermes
Sous-classe	Dicotylédones
Ordre	Fagales
Famille	Fagaceae
Genre	Quercus
Sous -genre	Sclérophylles
Espèce	<i>Quercus ilex</i> L

I.3. Caractères botaniques

Le chêne vert est surtout fréquent sous la forme d'un arbuste de moins de 10 m, pouvant atteindre 15 à 20 m et dépasser 1 m de diamètre, son tronc est toujours court, tortueux, l'enracinement comporte un fort pivot, mais également de fortes racines latérales. Son houppier est ovoïde ou globuleux, très dense, formé de grosses branches obliques (Becker et al., 1982), et son écorce est grise, finement fissurée. Ses feuilles sont coriaces, oblongues à lancéolées, à bord lisse denté, revers duveteux à maturité (Grey-Wilson et al., 2009).

Les fleurs sont unisexuées (arbre monoïque), et la floraison ne s'effectue que sur la première pousse de l'année pour les fleurs femelles, mais peut se retrouver sur la pousse de l'année précédente pour les fleurs mâles. La floraison s'étend d'avril à mai (Floret et al., 1992).

Les fruits sont ovoïdes à écorce ligneuse (gland), entourés à la base d'une cupule écailluse, verte puis brunâtre, portée par un long pédoncule (Figure 03) (Bremness, 2012).

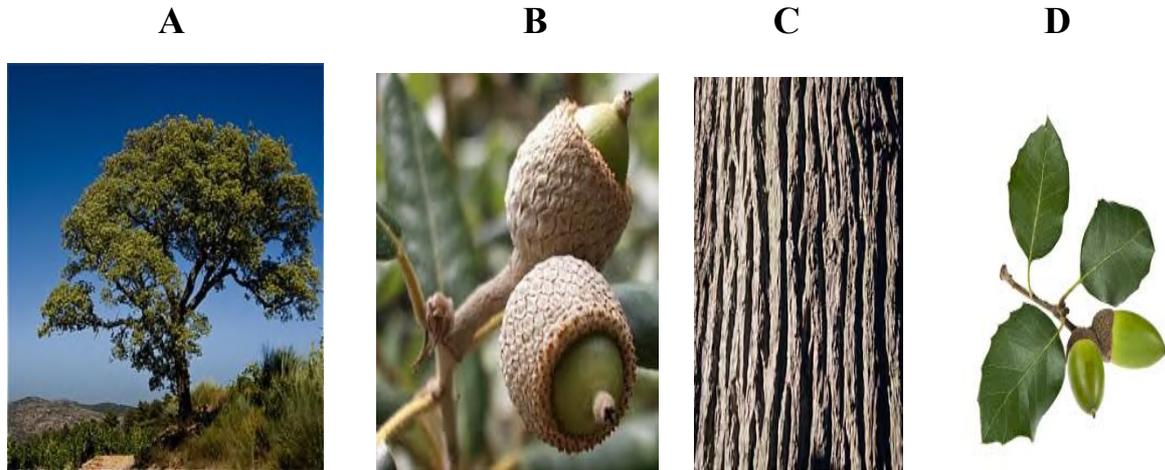


Figure 03. : Aperçu d'ensemble du chêne vert (*Quercus ilex*)

A : chêne vert ; **B** : fruit (gland) ; **C** : écorce (tronc) ; **D** : Feuille

I.4. Composition chimique et valeurs nutritionnels

La teneur du gland de chêne vert rapportée par la littérature est très variable (Tableau II).

Tableau II : Composition chimique de gland de chêne vert (% de MS) (Bonfils, 2012)

Composition chimique	Eau	Glucides	Protéines	Lipides	Tannins	Kcal/100g
Gland de chêne vert	8,7 – 44,6	32,7 – 89,7	2,3 – 8,6	1,1 -31,3	0,1 à 8,8	265 à 577

Le gland de chêne vert est un élément énergétique vu sa richesse en amidon, nutritif riche en vitamine A dont la teneur est plus importante que celle des carottes, de sorte que 50 g de ces glands suffiraient à combler les besoins minimums en Vit A (Bonfils, 2012). En outre, il contient des acides aminés essentiels : méthionine et lysine. La richesse relative des glands en lysine les rend intéressants à compléter les céréales graminées (Bonfils, 2012).

I.5. Usages et effets thérapeutiques

Le bois de chêne vert, lourd, dur, compact, homogène excellent bois de chauffage, il permet également de fabriquer un charbon de bois de très bonne qualité (Becker et al., 1982). Seul le gland doux de variété *ballota* est utilisé en alimentation humaine pour fabriquer un délicieux pain de glands "riche et huileux" (Bonfils, 2012).

Les glands vus leur richesse en Vit A pourraient jouer un rôle vital contre les maladies où les déficiences en Vit A sont très répandues telle que la cécité et diverses maladies des yeux. Ils sont aussi plus riches en calories que le blé ou le maïs, ce qui le rendrait très intéressant pour aider les peuples malnutris à travers le monde (**Bonfils, 2012**).

II- Généralités sur la patate douce

II.1. Origine et distribution géographique

La patate douce est l'un des légumes les plus anciens connus par l'Homme originaire de l'Amérique centrale et du sud, elle aurait introduit en Polynésie avant l'époque précolombienne, a la faveur de liens ancestraux entre l'Amérique et l'Océanie (**Verniep et Varin, 1994**). Elle porte le nom Kumara au Pérou, elle fut découverte en Europe à l'époque de Christophe Colomb, depuis sa culture s'est étendue dans les régions tropicales et sous-tropicales. Les portugais l'introduisent en Afrique et les marchands arabes en Asie (**Torres, 2004**).

II.2. Classification botanique

Ipomoea batatas, connue sous le nom commun de « patate douce », appartient au règne végétal, est une plante dicotylédone de la famille des Convolvulacée. En 1981, Cronquist (*in Anonyme, 2015a*) établit la classification suivante (**Tableau III**) :

Tableau III : Taxonomie de la patate douce (*Ipomoea batatas*)

Règne	Plantae
Sous -règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Convolvulaceae
Genre	<i>Ipomoea</i>
Espèce	<i>Ipomoeabatatas</i>

II.3. Description de la patate douce

La patate douce se reproduit exclusivement par voie végétative, soit à partir de tubercules entiers ou de fragments de ceux-ci, soit à partir de portions de tiges (**Cavalcante-Alves, 1996**). Les tiges de patates douces sont généralement longues et traînantes peuvent atteindre plusieurs mètres de long et portent des feuilles lobées ou non lobées dont la forme varie. Les feuilles alternes sont entières, aux pétioles relativement longs et aux limbes de forme variable à bords sinués ou dentés ou bien lobées, formant 5 à 7 lobes aigus, à nervation palmée (**Anonyme, 2015c**).

Les fleurs, portées en grappes à l'aisselle des feuilles, sont en forme d'entonnoir et teintées de rose ou de rose-violet (**Anonyme, 2015a**).

La partie comestible est la racine tubéreuse beaucoup plus large, dont la forme varie de fusiforme à ovale oblongue ou pointue. Suivant la variété, la couleur de l'épiderme est beige, brune, jaune, orange, rouge, violette. La chair de la racine tubéreuse est aussi très variée : blanc, beige, jaune, orange, rouge, rose, violette. Presque toutes les combinaisons de l'épiderme et de chair peuvent se rencontrer (**Anonyme, 2015a**). Chaque plante produit quelques racines tubéreuses au pied de plantation et d'autres près des nœuds, elles sont très riches en amidon avec une saveur sucrée et une texture farineuse (**Anonyme, 2015c**).



Figure 04 : Patate douce « *Ipomoea batatas* »

II.4. Les variétés cultivées

La patate douce est une espèce hexaploïdie a $6n = 90$ chromosomes (**Verniep et Varin, 1994**). Elle renferme un grand nombre de variétés cultivées qui diffèrent par la morphologie et la couleur des tiges, des feuilles et des tubercules. Elles se distinguent aussi par le port de la plante, la durée du cycle, le rendement, la cuisson et par le goût. Certaines

variétés produisent des racines tubéreuses et des boutures et d'autres produisent uniquement des boutures et des feuilles (**Anonyme, 2015e**).

II.5. Composition chimique et valeur nutritive

La composition chimique de la patate douce dépend de la variété, du type de sol et la période de culture (**Ruiz, 1984**). La patate douce est un légume énergétique, nutritif riche en vitamines (A et B) et contient des minéraux variés : calcium (30 mg/100 g), phosphore (49 mg/100 g), potassium (273 mg/100g), magnésium (24 mg/100 g), soufre (26 mg/100 g) et sodium (13 mg/100 g), selon les données de l'**UNIFESP (2008)**. En outre, elle est composée de plus de 80% de glucides, principalement sous forme d'amidon (**Nepa, 2006**).

Sa teneur en sucres et en amidon est fortement dépendante de la variété : les glucides varient de 13,4 à 29,2 % dont 4,8 à 7,8 % de sucres réducteurs, ce qui fait évoluer sa valeur nutritionnelle entre 110 et 125 calories pour 100 g. Sa teneur en eau est importante (59,1 - 77,7 %) et elle contient peu de protéines (2,0 - 2,9 %) et de lipides (0,3 - 0,8 %) (**Nepa, 2006**).

II.6. Usages et effets thérapeutiques

La patate douce entre dans de multiples préparations culinaires et certaines transformations industrielles. L'industrie agro-alimentaire utilise également la patate douce comme source d'amidon, ou sous forme de farine, comme substitut des farines de céréales.

Les tubercules sont aussi utilisés en alimentation animale. Les feuilles sont consommées comme condiment ou sous forme de légumes feuilles (épinards), ou encore comme fourrage pour le bétail (**Verniep et Varin, 1994**).

La patate douce a une grande valeur énergétique et revitalisante. Elle se digère facilement et peut être utilisée pour combattre la fatigue et elle est très nutritive et facilite la digestion. Grâce à ses sels minéraux, elle peut être utilisée pour apporter à l'organisme les éléments manquants (**Torres, 2004**).

III- Généralités sur composés phénoliques

III.1. Polyphénols

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois (**Middleton et al., 2000**). En outre, il existe une extrême diversité de répartition de ces composés selon les espèces (**Pascale et Cheynier, 2005**).

Ces composés sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits. Ils jouent également un rôle important dans les qualités sensorielles et nutritionnelles des produits végétaux (**Pascale et cheynier, 2005**).

Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins (**Boizot et Charpentier, 2006**).

III.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont formés d'un squelette de base à 15 atomes de carbones et constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane, formant une structure (C₆-C₃-C₆) (**Ghedira, 2005**). Ce sont des pigments très largement répandus dans le règne végétal (les fruits, les légumes, les graines ou encore les racines des plantes), souvent responsables de la coloration des fleurs et des fruits (**Kim et al., 2004**). A l'état naturel ils existent le plus souvent sous forme d'hétérosides : les flavonosides, Les principales classes sont les favones, les flavonols, les flavan-3-ols et anthocyanidines (**Chira et al.,2008**).

III.3. Tanins

Les tannins (ou tanins) sont des substances naturelles phénoliques d'origine végétale qui ont la propriété de transformer la peau fraîche en un matériau imputrescible, le cuir. Cette propriété de tannage provient de la création de liaisons entre les molécules de tannins et les fibres de collagène de la peau et qui présentent aussi la propriété de précipiter les alcaloïdes. Leur poids moléculaire(PM) est compris entre 500 et 3 000 Da (**Zimmer et Cordesse.,1996**). Ils sont trouvés dans toutes les parties de la plante : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits et les racines (**Zimmer et Cordesse, 1996**).

Selon leur structure biochimique, il est usuel de distinguer deux classes de tannins : les tannins hydrolysables (THs) et les tannins condensés (TCs) (**Frutos et al., 2004**).

IV. Généralités sur le yaourt

IV.1. Le lait

Il constitue la matière première de fabrication du yaourt et il a été défini en 1909 au cours du Congrès International de la Répression des Fraudes comme suit :

« Le lait est le produit intégral de la traite totale et interrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être cueilli proprement et ne pas contenir de colostrum » (**Luquet, 1990**).

Le lait est un liquide produit par les cellules sécrétrices des glandes mammaires des mammifères femelles. Il s'agit d'un fluide aqueux opaque, blanc, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre selon la teneur en β carotène de sa matière grasse, c'est le plus utilisé pour l'alimentation humaine (**Vilain, 2010**).

Très riche en protéines, en sels minéraux et en vitamines (**Fardellone, 2016**) aussi très riche en immunoglobulines, oligo-éléments et facteurs de croissance (**Alais et al., 2003**).

IV.2. Définition d'un yaourt

La dénomination « yaourt » ou « yoghourt » est réservée au lait fermenté, selon les usages loyaux et constants (**Romain et al., 2008**).

Selon la F.A.O. / O.M.S. (1977), le yaourt est un lait coagulé par l'acide lactique, issu de la fermentation du lactose par les deux bactéries lactiques ajoutées *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* du lait pasteurisé ou concentré avec ou sans addition (de lait en poudre, etc.) (**FAO, 1995**). Les microorganismes du produit final doivent être viables et abondants. La réglementation française fixe le nombre minimal à 10 millions de bactéries par gramme (**Luquet, 1990**).

Matériel et Méthodes

I. Matériel végétal

I.1. Echantillonnage

La récolte de gland de chêne est réalisée dans la région de Beni Mouhli ou Ait Mouhli de la wilaya du Sétif durant le mois de janvier de l'année 2018. Cette récolte est faite manuellement, au hasard et pas dans le même arbre, le fruit de chêne ne présente aucun signe de blessure ou d'infection. Tandis que, les échantillons de la patate douce sont procurés du marché local de la ville de Bejaia.

I.2. Traitement des échantillons

Le gland de chêne et la patate douce ont été bien lavés soigneusement à l'eau de robinet plusieurs fois. Ils sont ensuite épluchés pour séparer les écorces et découpés en petits morceaux pour le gland de chêne et en fines lamelles pour la patate douce afin de faciliter le séchage qui est réalisé dans une étuve ventilée à 40°C. Le processus de séchage a duré 7 jours pour les épluchures de la patate douce et 5 jours pour le gland de chêne (blanc et épluchures de gland de chêne).

Les épluchures de la patate douce et le blanc de gland de chêne séchés (Figure 4) ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique. Cependant, les épluchures de gland de chêne séché (Figure 4) ont été concassées au départ mécaniquement à l'aide d'un mortier ensuite broyés par un broyeur électrique. Les poudres obtenues ont été ensuite tamisées et conservées dans des flacons en verre fermés, et stockés à l'abri de la lumière à température ambiante.



Figure 05 : Photographies des morceaux de blanc de gland de chêne (A) ; épluchures de la patate douce (B) ; écorce de gland de chêne (C)

II. Préparation des extraits bruts

Une quantité de 5 g de poudres de chaque échantillon est macérée dans 100 mL d'éthanol à différentes concentrations (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, et 100% ; v/v) dans un bécher en utilisant une plaque d'agitation à 500 rpm pendant 24 h. Après filtration, les solutions des parties concernées sont évaporées à sec dans une étuve à 40 °C. Les résidus secs pesés sont reconstitués par le solvant correspondant et les extraits obtenus sont conservés dans des flacons ombrés en verre dans un réfrigérateur à -4 °C jusqu'à utilisation ultérieure (Brahmi et al ,2015)

III. Dosage des antioxydants

III.1. Dosage des polyphénols totaux

Principe

Le réactif de Folin-Ciocalteu est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PM_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration bleue produite, dont l'absorption maximal est aux environ de 760 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (Ribéreau-Gayon, 1968).

Mode opératoire

La teneur en phénols totaux des différents extraits a été déterminée par la méthode décrite par (Dormans et al,2003) en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

Un volume de 100 µL de chaque extrait dilué est introduit dans des tubes à essais, le mélange (6 mL d'eau distillée, 500 µL de Folin-Ciocalteu et 1,5 mL de carbonate de sodium à 20%) est additionné de 1,9 mL d'eau distillée pour obtenir un volume total de 10 mL. Les tubes sont agités à l'aide d'un vortex et incubés pendant 2 h. L'absorbance est mesurée à 760 nm en utilisant le spectrophotomètre 1800 UV/ Vis.

Une courbe d'étalonnage à différente concentration d'acide gallique a été préparée (Annexe3). Les teneurs en phénols totaux dans les extraits sont exprimées en milligramme (mg) équivalent d'acide gallique par gramme (g) du poids de la matière sèche (mg EAG/ g MS).

III.2. Dosage des flavonoïdes

Principe

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

d'aluminium. Les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (**Ribéreau-Gayon et al,1972**).

Mode opératoire

La méthode de trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) citée par **Djeridane et al. (2006)** est utilisée pour quantifier les flavonoïdes totaux dans les extraits de chaque échantillon.

Un volume de 1 mL d'extrait dilué est mélangé avec le même volume de la solution de tri chlorure d'aluminium à 2%, l'ensemble est agité à l'aide d'un vortex puis incubé à l'abri de la lumière à température ambiante pendant 15 minutes, après incubation, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 430 nm contre un blanc.

La teneur en flavonoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage préparée avec la quercétine (**Annexe3**) par gramme (g) du poids de la matière sèche (mg EQ/g MS).

III.3. Dosage des tannins

Principe

La méthode de dosage des tannins est basée sur leur propriété à se fixer aux protéines. Le complexe tannin-protéine (BSA : Bovine Sérum Albumine), présent dans le précipité formé et repris dans NaCl et SDS (Sodium Dodecyl Sulfate), est mesuré par spectrophotométrie à 510 nm suite à l'ajout du chlorure ferrique. C'est une méthode biologique simple qui permet le dosage simultané de nombreux échantillons (**Hagerman et Bulter, 1978**).

Mode opératoire

L'estimation des tannins a été réalisée selon la méthode décrite par (**Hagerman et Bulter ,1978**) comme suite :

Un volume de 2000 μ L de BSA est additionné à un volume de 1000 μ L de chaque extrait dilué. Les solutions ont été bien agitées et incubés à une température de 4°C pendant 24 heures. Elles sont ensuite centrifugées à 7000 tours/min pendant 30 minutes.

Les surnageants ont été jetés, et les culots ont été lavés avec 500 μ L de tampon acétate, puis dissout dans 4000 μ L de SDS/TEA. Puis,1000 μ L de chlorure ferrique sont ajoutés. Ces

mélanges ont été mis à l'obscurité et à température ambiante pendant 15 minutes. La lecture des résultats a été faite à 510 nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide tannique (mg EAT/g de MS) à partir des données d'absorbance et de la courbe d'étalonnage de l'acide tannique (**Annexe 3**).

IV. Evaluation de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer l'activité antioxydante des extraits végétaux, celles adoptées dans ce travail sont :

IV.1. Activité scavenger du radical DPPH^{*}

Principe

Le DPPH (2,2 diphenyl- 1- picrylhydrazyl) est initialement violet, en présence des piègeurs de radicaux libres se réduit en 2,2 diphenyl- 1- picryl hydrazine de couleur jaune (Figure 05) (**Maataouiet al.,2006**). L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (**Sanchez-Moreno et al., 1998**).

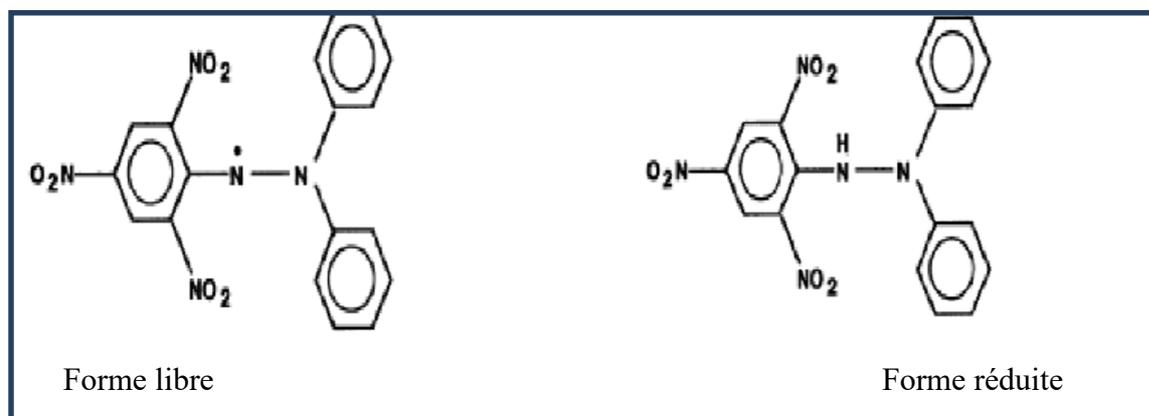


Figure 06 : Forme libre et réduite du DPPH (**Mohammedi, 2006**)

Mode opératoire

L'activité scavenger du radical DPPH^{*} a été mesurée selon le protocole rapporté par (**Brahmi et al ,2015**). Pratiquement, une solution de DPPH est préparée à 10⁻¹mM. Une série de dilutions a été préparée, puis chacune est additionnée par 1 mL d'éthanol, suivi par un volume 0,15 mL de la solution de DPPH^{*}. Le mélange est laissé à l'obscurité pendant 1 h et la décoloration, par rapport au contrôle contenant tous les réactifs à l'exception de l'échantillon à tester, est mesurée à 517 nm contre un blanc d'éthanol.

Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du radical DPPH[•] selon la formule suivante :

$$\% \text{ réduction DPPH}^{\bullet} = \frac{Abs_c - Abs_e}{Abs_c} \times 100$$

Abs_c : absorbance du contrôle.

Abs_e : absorbance de la solution contenant l'échantillon.

Les résultats sont exprimés en IC₅₀ (µg/mL). La valeur d'IC₅₀ (aussi appelée EC₅₀) a été déterminée pour chaque extrait, est définie comme étant la concentration du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du radical DPPH[•].

Les valeurs IC₅₀ moyennes ont été calculées par les régressions linéaires des trois essais séparés où l'abscisse est représentée par la concentration des composés testés et l'ordonnée par l'activité antioxydante en pourcentage.

IV.2. Pouvoir réducteur

Principe

L'évaluation est basée sur la réaction de réduction du (Fe⁺³) présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en (Fe⁺²), la réaction est révélée par le virement de couleur jaune du fer ferrique (Fe⁺³) en couleur bleu vert du fer ferreux (Fe⁺²) (Li et al, 2009).

Mode opératoire

Cette méthode est déterminée en utilisant la technique de (Oyaizu ,1986). Les différentes concentrations des extraits sont mélangées avec 2,5 mL de la solution tampon phosphate (0,2 M, pH 6.6) et 2,5 mL de ferricyanure de potassium [K₃Fe(CN)₆] (1%, *m/v*). Les mélanges sont incubés à 50 °C pendant 20 min. Après incubation, 2.5 mL de l'acide trichloracétique (10%, *m/v*) sont additionnés.

A la fin, 5 mL de surnageant de chaque concentration est mélangé avec 5 mL de l'eau distillée et 1 mL de chlorure ferrique (FeCl₃) (0,1%, *m/v*). Les solutions ont été incubées pendant 20 min à l'abri de la lumière et la lecture des absorbances a été effectuée à 700 nm. Les résultats sont exprimés en mg/g équivalent trolox en utilisant une courbe d'étalonnage préparée avec le trolox dans les mêmes conditions (Annexe 3).

V. Fabrication et caractérisation microbiologique et physico-chimique de yaourts préparés à base des échantillons étudiés

Cette partie a été effectuée à l'échelle de laboratoire au sein d'une industrie laitière « DANONE Djurjura Algérie » pendant une période de stage de 10 jours de 13/05 jusqu'au 24/05. Elle consiste à formuler des yaourts à base des échantillons étudiés précédemment et à suivre les caractéristiques physico-chimiques (pH et viscosité) et microbiologique, tout au long de processus de fabrication ainsi que sur le produit fini élaboré à J+1 et J+7.

La préparation des yaourts est réalisée en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec une modification portant sur la substitution de la poudre de blanc de gland de chêne dans le premier essai, par l'écorce de gland de chêne dans le deuxième essai, et par la poudre des épiluchures de la patate douce dans le troisième essai.

Le contrôle microbiologique vise à évaluer et limiter les risques de contamination par les germes associés aux matières premières et aux différents stades de fabrication, dans le but d'assurer que le yaourt préparé à base de ces 3 poudres présente une qualité hygiénique et commerciale adéquate.

Afin d'éviter la contamination du produit fini, nous avons effectué les analyses microbiologiques suivantes :

V.1. Dénombrement des entérobactéries et la flore totale (avant et après pasteurisation à 95°C pendant 13 minutes dans un bain Marie)

Les poudres analysées (1g) ont été prélevées sous hotte et sont introduites dans un tube à essai contenant 9 mL de tryptosels (TTS) et le mélange est agité à l'aide d'un vortex. Ce dernier (1 mL) est déposé dans une boîte de Pétri. La gélose VRBG est collée pour les entérobactéries, et PCA pour la flore totale en double couche pour fixer les bactéries et favoriser l'anaérobiose et un témoin gélose est préparé en même temps. La gélose est laissée se solidifiée et les boîtes sont incubées dans une étuve à 37 °C pour les entérobactéries pendant 24 h, et à 30 °C pour la flore totale pendant 72 h.

Les yaourts sont préparés après avoir confirmé la conformité des trois poudres après pasteurisation.

V.2. Elaboration et caractérisation du yaourt brassé à base de blanc de gland de chêne d'écorce de gland de chêne et les épiluchures de la patate douce

L'ajout des trois poudres a lieu avant traitement thermique. La recette adaptée est

celle déterminée au cours d'un travail pratique à l'échelle laboratoire au niveau de l'unité DANONE en respectant le diagramme de fabrication du yaourt brassé au fruit (Activia à base de pêche et abricot) (**Figure 07**).

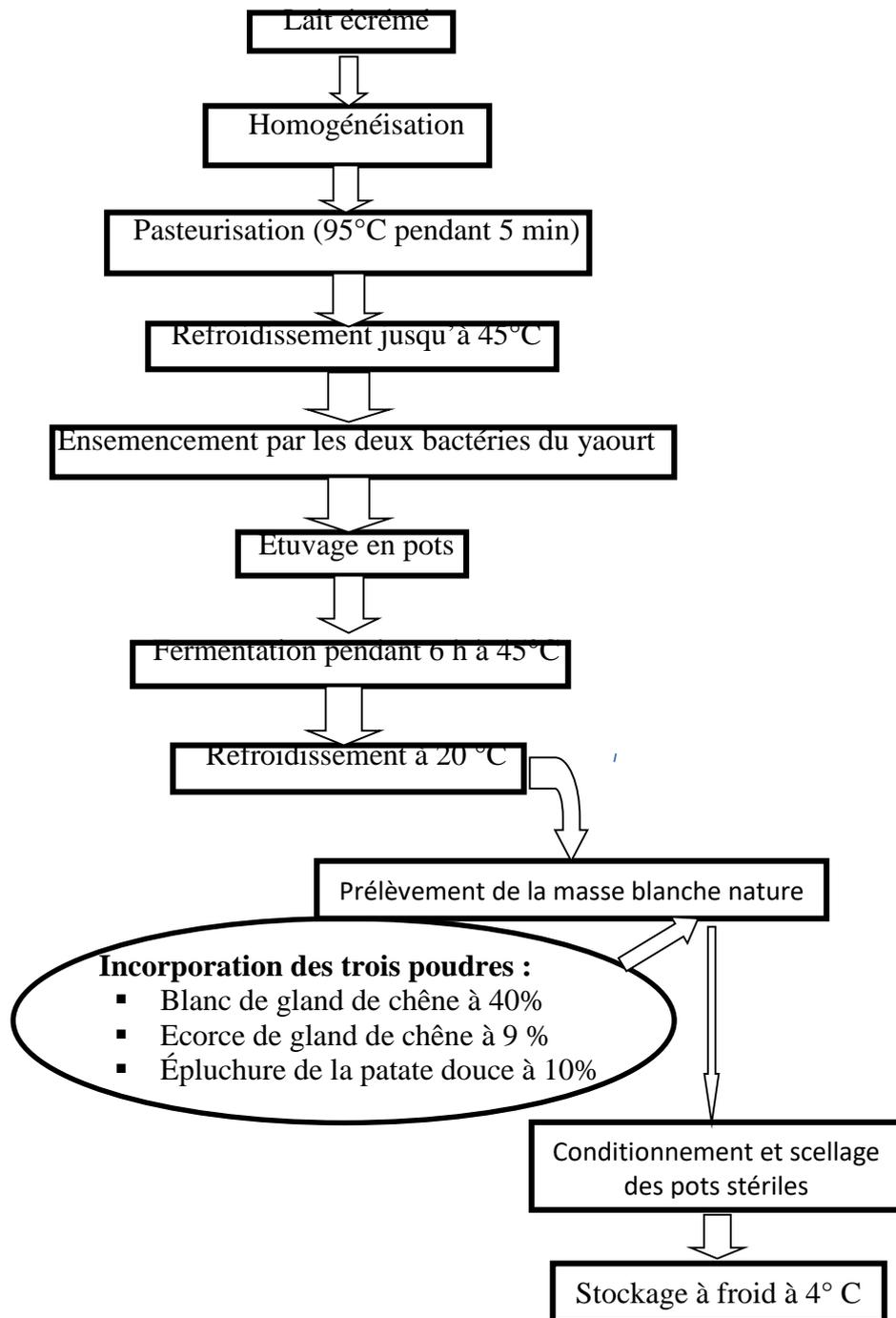


Figure 07 : Diagramme de fabrication d'un yaourt brassé

V.3.Caractérisation physico-chimique et microbiologique du yaourt élaboré

V.3.1. Caractérisation microbiologique

V.3.1.1. Dénombrement des entérobactéries, Levures et Moisissures

Le dénombrement des entérobactéries se fait le jour même d'élaboration du yaourt, tandis que celui des levures et moisissure se fait le lendemain (J+1).

- **Mode opératoire**

Dans une zone stérile, 1 mL du produit fini (yaourt élaboré) est déposé dans des boîtes de Pétri stériles et la gélose VRBG est collé pour les entérobactéries en double couche, et l'OGA avec un antibiotique OGYE pour les levures et moisissures en une seule couche et un témoin gélose est préparé en même temps puis la gélose est laissée se solidifier. Les boîtes sont incubées dans une étuve à 37 °C pour les entérobactéries pendant 24h, et à 25°C pour les levures et moisissures pendant 6 jours.

V.3.1.2. Test de stress

C'est l'examen de stabilité des produits finis dans des conditions défavorables dites « stressantes » qui sont essentiellement l'évaluation de la température, donc pour voir la réaction du produit soumis à ces conditions.

Il consiste à conserver les produits finis dans deux chambres spéciales :

La première : la conservation se fait à 30 °C pendant 3 jours ; la deuxième à 25 °C pendant 10 jours, dans le but d'une analyse micro visuelle et afin de vérifier l'aspect des boîtes (gonflement des pots, texture, couleur, odeur et la présence ou absence des colonies).

V.4.Caractérisation physico-chimique

Les paramètres déterminés sont le pH ; la viscosité.

V.4.1. Détermination du pH

Principe

Il est basé sur la détermination à l'aide d'un pH-mètre électronique « **HANNA HI 2210** » en unité pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre l'un qui affiche le pH et l'autre la température plongée dans une quantité du yaourt préparée. Cet appareil doit être étalonné avec deux solutions tamponnées pH=7 et pH=4 après chaque 4 h de

son utilisation, les valeurs se déterminent sur l'afficheur d'instrument, après stabilisation de la valeur du pH.

V.4.2. La viscosité

Principe

Il consiste à mesurer les valeurs de la viscosité du produit fini par un viscosimètre appelé « **Taxt express** » qui correspond à la mesure de la résistance exercée par un plongeur cylindrique pénétrant une distance de 15 mm par un mouvement verticale de haut en bas, les résultats sont affichés sur l'écran de l'appareil, exprimés en gramme.

VI. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle de type descriptive a été réalisée au niveau de la laiterie de DANONE Djurjura. Trois échantillons de yaourt ont été dégusté par un panel expert composé de 12 jurys.

Echantillon A : yaourt à base de blanc de gland de chêne

Echantillon B : yaourt à base d'écorce de gland de chêne

Echantillon C : yaourt à base d'épluchures de la patate douce

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traité en utilisant le logiciel XL STAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistique. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats.

Les principales fonctionnalités de ce logiciel utilisée pour interpréter les résultats de l'évaluation sensorielle effectuée sont :

- Caractérisation de produit
- Analyse en composante principale (ACP)
- Classification ascendante hiérarchique (CAH)
- Carte de préférence (PRFMAP)

VII. Analyse statistique

Toutes les déterminations sont menées en triple. Les résultats sont exprimés par la moyenne \pm écart type. Les résultats sont faits l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) suivie d'une comparaison multiple des moyennes grâce au logiciel Statistica version 8 et la comparaison des données est prise à la probabilité $P < 0,05$.

Résultats et discussion

I. Détermination du rendement d'extraction

Dans cette étude, le rendement d'extraction par macération a été déterminé par rapport au poids de la matière végétale (broyat) utilisé pour l'extraction éthanolique. Les résultats sont représentés dans le **tableau IV**.

Tableau IV : Rendements d'extraction par l'éthanol à différentes concentrations des échantillons étudiés.

Echantillons	Blanc de gland de chêne	Ecorce de gland de chêne	Epluchures de la patate douce
Concentration d'éthanol (%)	Rendement d'extraction (%)		
20	17	4	25
30	15	6	25
40	19	7	24
50	19	8	26
60	16	5	27
70	12	7	18
80	13	6,40	22,20
100	7	3	1

Le rendement d'extraction avec l'éthanol 50% pour le gland de chêne a présenté un meilleur rendement d'extraction avec une valeur de 8%, tandis que l'éthanol à 40 et à 50% ont enregistré le plus grand rendement avec un pourcentage de 19% pour le blanc de gland de chêne. Une augmentation du rendement d'extraction est notée dans le cas des épluchures de la patate douce où l'éthanol 60% a donné un rendement de 27%.

Les plus faibles rendements d'extraction pour les trois échantillons sont attribués à l'éthanol pur ; ils sont seulement de 3, 7 et 1% pour l'écorce de gland de chêne, blanc de gland de chêne et les épluchures de la patate douce, respectivement.

II. Dosage des polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux dans le blanc de gland de chêne, l'écorce de gland de chêne et les épluchures de la patate douce sont rapportées dans les figures 8,9,10 respectivement. Différentes concentrations en éthanol qui varient de 20 à 100% (v/v) sont utilisées afin de montrer l'impact de solvant d'extraction et de déterminer le solvant adéquat pour chaque échantillon.

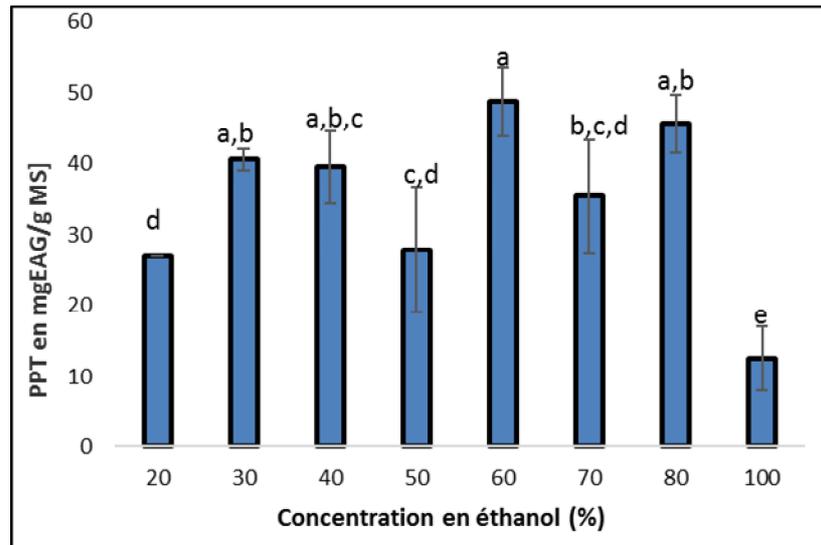


Figure 08 : Teneurs en polyphénols totaux des extraits de blanc de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$)

D'après la figure 08, l'extrait éthanolique à 60% a enregistré le taux le plus important en PPT ($48,7 \pm 8,0$ mg EAG/g MS), alors que l'extrait préparé avec l'éthanol pur a révélé le taux le plus faible qui est seulement de $12,5 \pm 2,8$ mg EAG/g MS.

Néanmoins, aucune différence significative à $P \leq 0,05$ n'est notée entre les teneurs en PTT données par les extraits éthanoliques à 30, 40, 60 et 80%. Ils sont suivis des extraits préparés avec l'éthanol à 70 et 50% respectivement sans différences significative, par contre, l'éthanol 20 et 100% n'ont pas permis d'extraire des concentrations élevées en polyphénols avec une différence significative à $P \leq 0,05$.

Les résultats trouvés dans ce présent travail sont en accord avec les données de la littérature où (Carpes., Begnini et al ,2007) ont montré que l'éthanol à 60% est plus recommandé dans l'extraction quantitatives des composés phénoliques car il présente le meilleur pouvoir extractant, ce qui a permis d'obtenir les teneurs phénoliques les plus élevées.

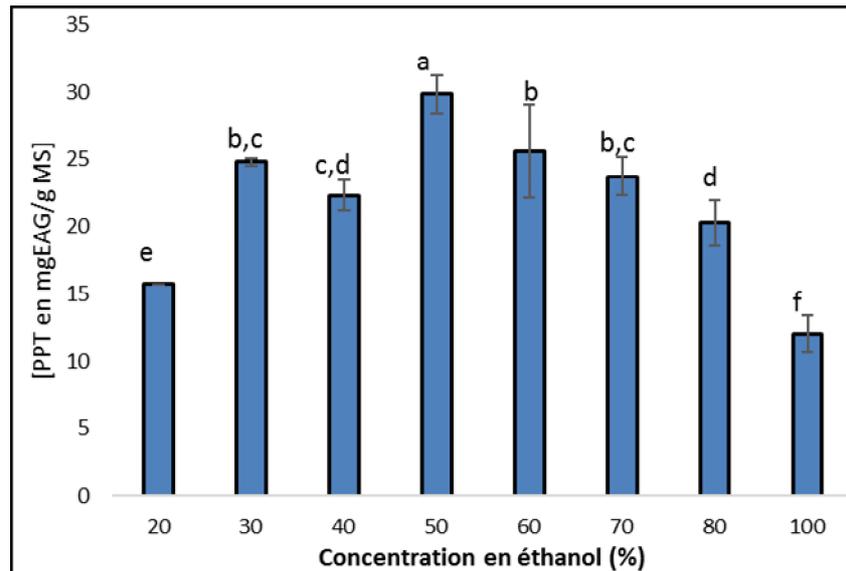


Figure 09 : Teneurs en polyphénols totaux des extraits de l'écorce de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$)

L'analyse des résultats a permis de déduire que la teneur en PPT d'extrait éthanolique à 50% de l'écorce de gland de chêne est plus élevée ($29,8 \pm 3,5$ mg EAG/g MS) avec une différence significative ($P \leq 0,05$) comparativement aux autres extraits. Par contre, l'extrait préparé avec l'éthanol pur a enregistré la concentration la plus faible ($12,0 \pm 1,1$ mg EAG/g MS).

(Kasparaviciénė et Ramnaskienė , 2013) qui sont intéressés à l'extraction par macération avec différentes concentrations d'éthanol, des composés phénoliques des feuilles de romarin ont constaté que la concentration en solvant la plus efficace pour l'extraction des PPT est de 50%.

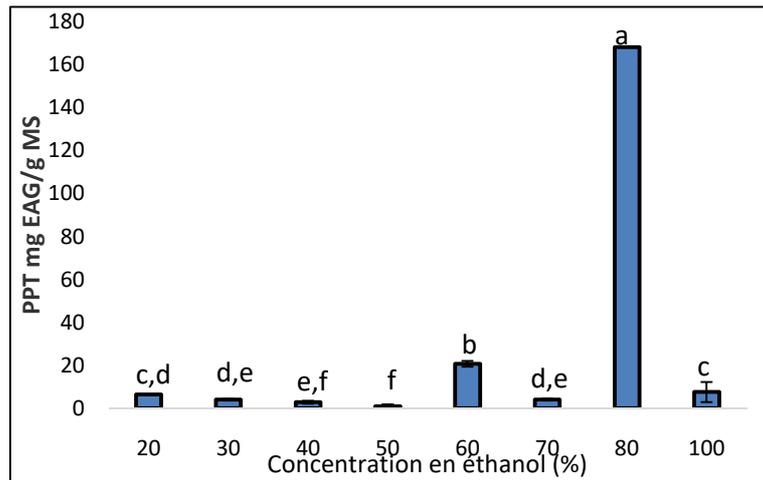


Figure 10: Teneurs en polyphénols totaux des extraits d'épluchures de la patate douce

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$)

Les résultats des teneurs en PTT illustrés dans la figure 09 montrent que l'éthanol 80% est le meilleur solvant d'extraction ($168,1 \pm 4,7$ mg EAG/g MS) avec une différence significative ($P \leq 0,05$), tandis que les autres extraits ont présenté de faibles teneurs.

(Escobido-Flores et al,2018) ont montré l'efficacité d'éthanol 80% pour l'extraction des polyphénols. Cependant, d'après (Bakchiche et Gherbi ,2014) cette augmentation des teneurs phénoliques résulte vraisemblablement du fait que le dosage par le réactif Folin-Ciocalteu n'est pas spécifique aux polyphénols, mais beaucoup de composés peuvent réagir avec ce réactif comme les protéines, les sucres, donnant un taux phénolique apparent élevé.

III. Dosage des flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes dans le gland de chêne, l'écorce de gland de chêne et les épluchures de la patate douce et sont rapportées dans les figures 11,12,13 respectivement.

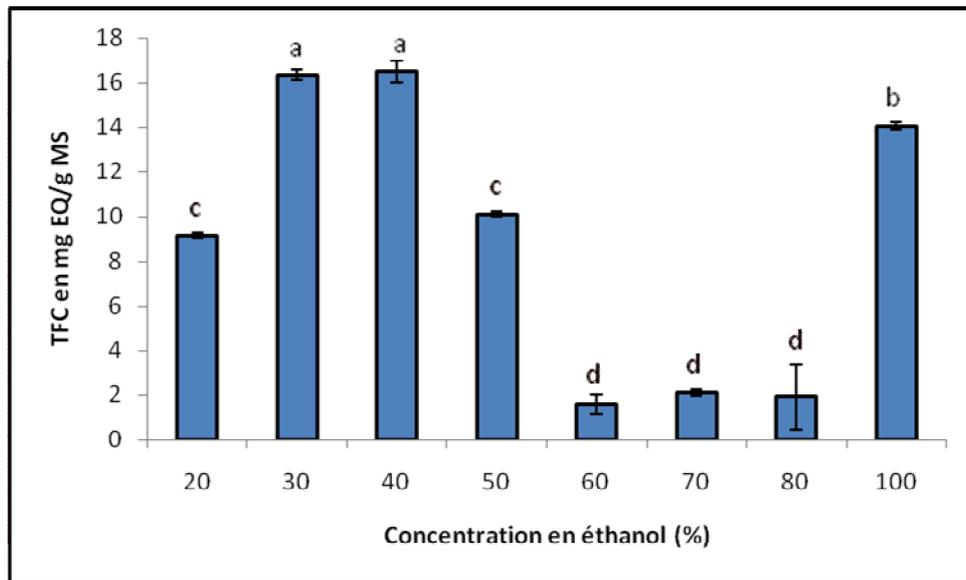


Figure 11 : Teneurs en flavonoïdes des extraits de blanc de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

La figure 11 montre que les extraits éthanoliques à 30, 40 %, ont les teneurs les plus importantes en flavonoïdes sans différence significative à $P \leq 0,05$, contrairement à l'éthanol 60,70,80% qui n'ont pas permis d'extraire des concentrations élevées sans différence significative. Par contre, l'éthanol 20 et 100% ont révélé des concentrations moyennes en flavonoïdes avec une différence significative à $P \leq 0,05$.

La teneur en flavonoïde d'extrait éthanolique à 40% de blanc de gland de chêne est la plus élevée ($16,5 \pm 0,5$ mg EQ/g MS) comparativement aux autres extraits à différentes concentration d'éthanol. Les résultats de ce présent travail sont en accord avec les données de la littérature où (Cosmulescu et al,2014) ont montré que l'utilisation de l'éthanol à 40% pour extraire des flavonoïdes à partir des cultivars de fruits verts de noix à mener une augmentation significative.

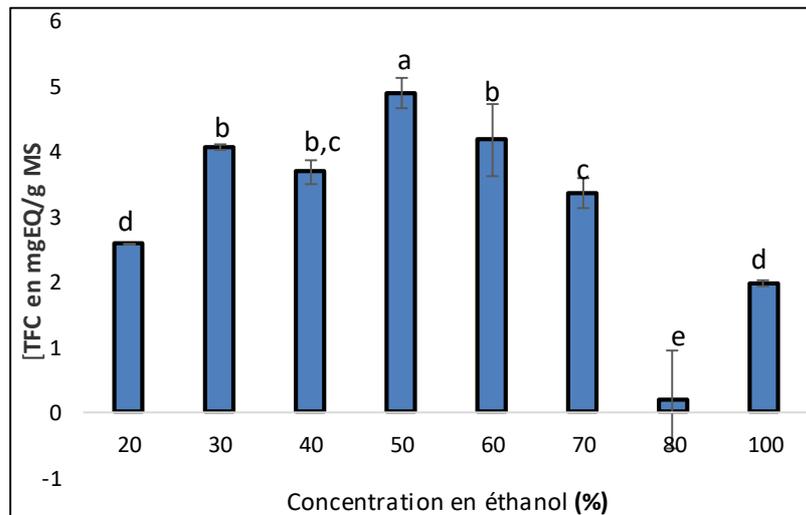


Figure 12 : Teneurs en flavonoïdes des extraits d'écorce de gland de chêne

D'après la figure 12, l'extrait éthanolique à 50% de l'écorce de gland de chêne a révélé la teneur la plus importante ($4,9 \pm 0,6$ mg EQ/g MS) en flavonoïdes avec une différence significative à $P \leq 0,05$ comparativement à d'autres extraits.

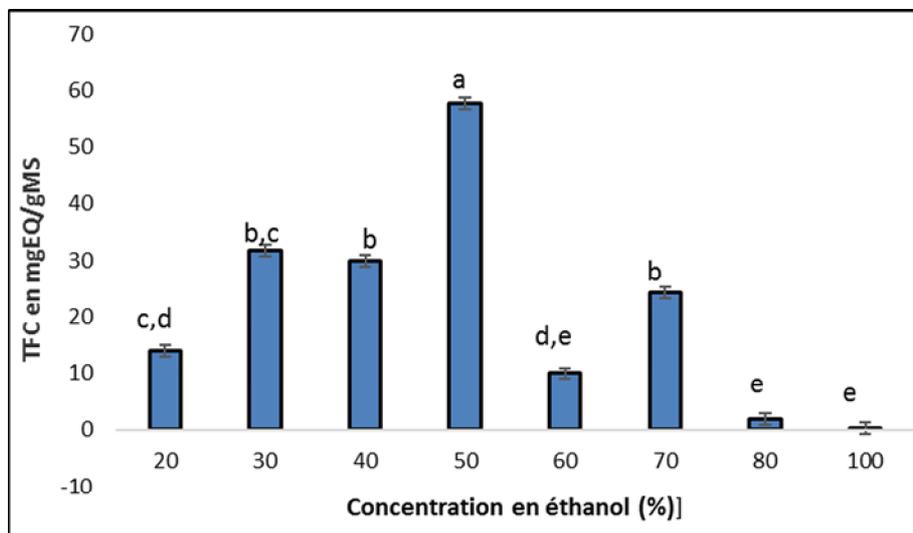


Figure 13 : Teneurs en flavonoïdes des extraits d'épluchures de la patate douce

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

Les résultats obtenus Figure 13 ont révélé que les teneurs en flavonoïdes varient en fonction de différentes concentrations d'éthanol, la teneur la plus élevée en flavonoïde pour

épluchures de la patate douce ($57,8 \pm 3,16$ mg EQ/g MS) est obtenue avec l'éthanol 50% avec une différence significative à $P \leq 0,05$.

Les résultats de présent travail sont identiques à ceux de (Guo-qing et al,2005) et (Tahirovic et Basic, 2017) qui ont déduit qu'à 50% d'éthanol le contenu flavonoïde est plus élevé.

IV. Dosage des tannins

Les teneurs en tannins dans le blanc de gland de chêne et l'écorce de gland de chêne sont rapportées dans les figures 13, 14 respectivement.

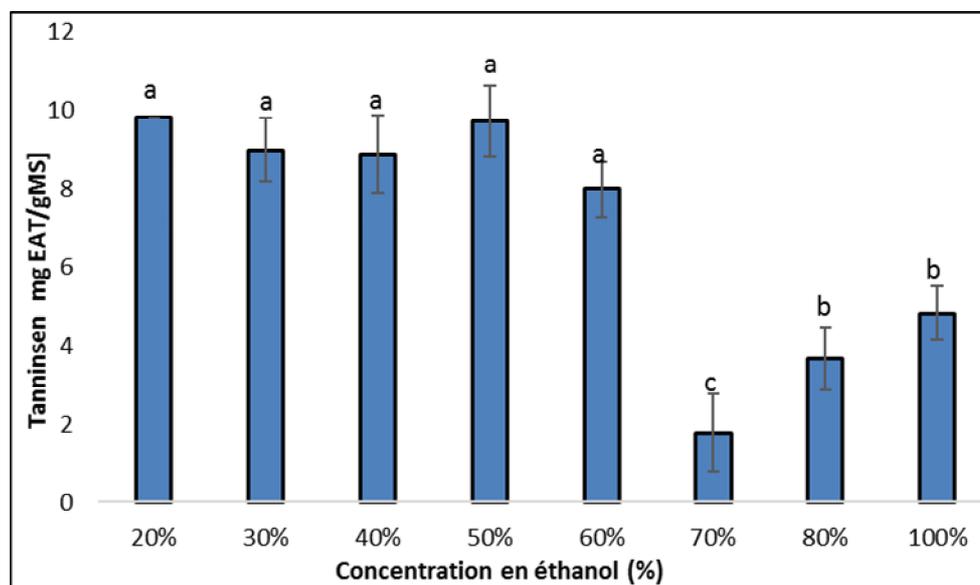


Figure 14 : Teneurs en tannins des extraits de blanc de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

L'analyse des résultats de teneurs en tannins consignées dans la figure 14 montre que les extraits éthanoliques à 50, 20, 30, 40 et 60%, ont montré les teneurs la plus importantes en tannins sans différence significative à $P \leq 0,05$. Par contre, l'éthanol 70,80 et 100% n'ont pas permis d'extraire des concentrations élevées en tannins.

Ces observations se concordent à la recherche précédemment réalisée par (Downey et al,2016) sur l'extraction des tannins avec éthanol à partir de la peau de raisins. Ils ont noté que la teneur en tannins augmente avec une proportion croissante d'éthanol jusqu'à 50%.

Nos résultats sont en relation aussi avec ceux de (Baldosano et al ,2015) qui ont remarqué l'éthanol 50% est efficace pendant des temps d'extraction de 2 à 6 heures pour l'extraction des teneurs considérables en tannins de *Spondias purpurea*.

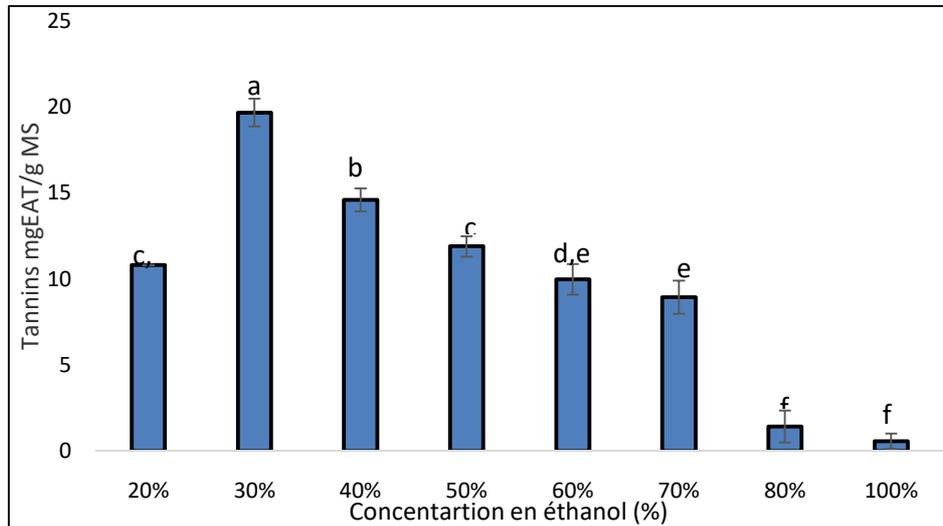


Figure 15 : Teneurs en tannins des extraits d'écorce de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

En se référant aux résultats illustrés sur la figure 15, la meilleure teneur en tannins dans le gland de chêne est attribuée l'extrait éthanolique 30%, suivi d'extrait éthanolique à 40% avec une différence significative à $P \leq 0,05$. Ils sont suivis des extraits préparés avec l'éthanol à 50, 20, 60 et 70% sans différence significative contrairement aux extraits éthanoliques 80 et 100% qui ont montré une faible concentration en tannins sans différence significative. Dans ce contexte (Mailloa et al ,2013) ont prouvé que la quantité la plus élevée en tannins totaux est contenue l'extrait éthanolique à 30%.

V. Pouvoir anti-radicalaire au DPPH

Les résultats de test au DPPH des extraits de blanc de gland de chêne, d'écorce de gland de chêne et d'épluchures de la patate douce sont rapportés dans les figures 16, 17,18 respectivement.

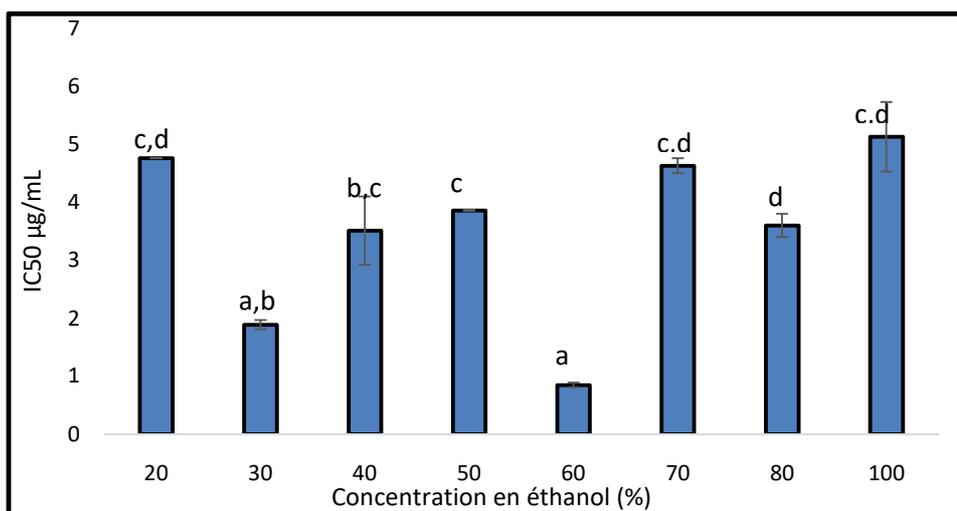


Figure 16 Pouvoir anti-radicalaire des extraits de blanc de gland de chêne.

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \leq 0,05$).

Les résultats obtenus Figure 16 montrent que les extraits éthanoliques à 40, 80, 50, 20,70 et 100% ont montré une faible capacité scavenger du radical DPPH' sans différence significative, tandis que les extraits éthanoliques à 60 et à 30% ont une meilleure capacité à piéger le radical DPPH' sans différence significative à $P \leq 0,05$.

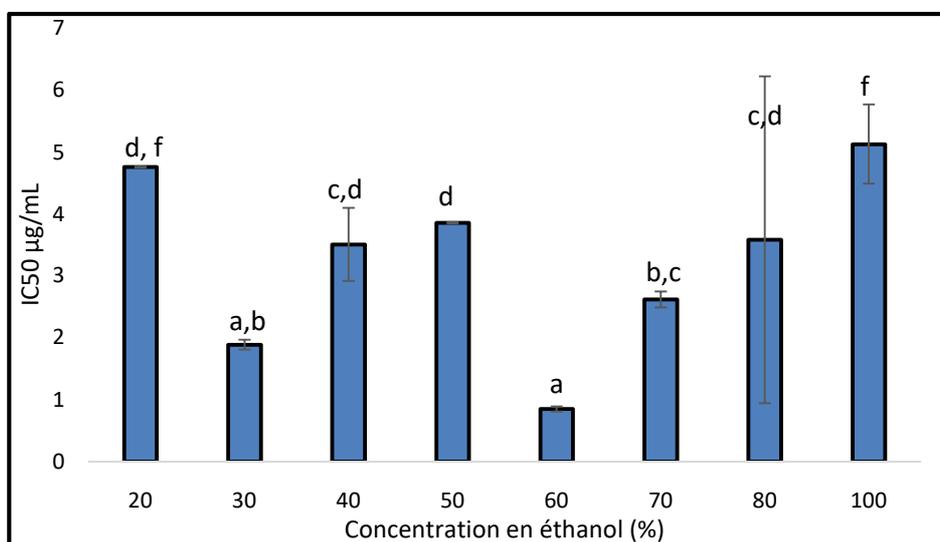


Figure 17 : Pouvoir anti-radicalaire des extraits d'écorce de gland de chêne.

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \leq 0,05$).

Les résultats obtenus Figure 17 montrent que les concentrations en éthanol de 30 et 60% ont donné des extraits avec un effet scavenger important sans différence significative. Ils sont suivis des extraits éthanoliques à 40, 80, 20 et 100, respectivement. Dans ce contexte (Nisar et al,2015), ont observé que le solvant le plus efficace pour extraire les antioxydants de safran est l'éthanol 80% suivi par l'éthanol 60%.

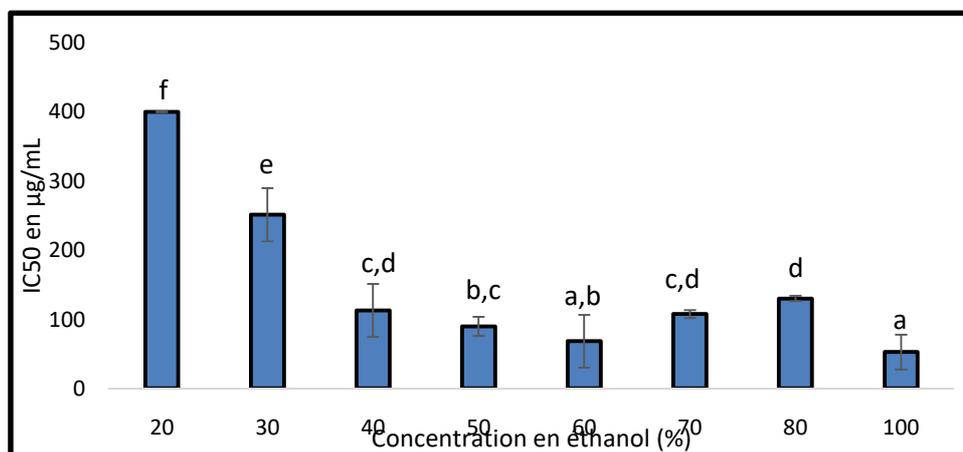


Figure 18 : Pouvoir anti-radicalaire des extraits d'épluchures de la patate douce.

Les valeurs portant les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

Les résultats obtenus Figure 18 montrent que les extraits éthanoliques à 100, 60% ont la capacité de piéger le radical DPPH^{*} sans différence significative. Pour les extraits éthanoliques présentent une faible capacité de piégeage.

Selon (Kasparaviciené et al, 2013) et (Touaibia et Chaouch ,2014), l'extrait éthanolique à 100% a donné la meilleure activité scavenger avec la plus faible IC₅₀.

VI. Pouvoir réducteur

Nos résultats montrent une variabilité du pouvoir réducteur des différents extraits. Leur analyse statistique figures 19 , 20 et 21 révèle un effet significatif aussi bien du facteur d'échantillon (blanc de gland de chêne, l'écorce de gland de chêne, et les épluchures de la patate douce) que de facteur solvant (éthanol 20 à 100%) avec une interaction significative ($P \leq 0,05$) entre eux.

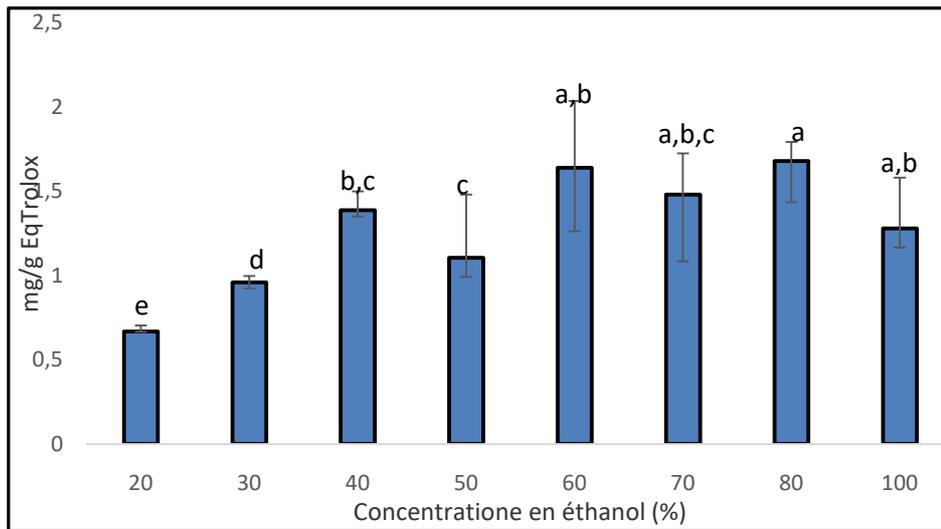


Figure 19 : Pouvoir réducteur de blanc de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

D'après la figure 19, les concentrations en éthanol de 80, 60, 70 et 100% ont révélé par meilleure capacité réductrice sans différence significative à $P \leq 0,05$. Cependant, les extraits préparés avec l'éthanol à 40, 50, 30 et 20% viennent après respectivement avec une activité moins importante.

Les résultats trouvés dans ce présent travail sont en accord avec les données de la littérature. (Touaibia et Chaouch, 2014) ont montré que l'extrait éthanolique à 64% exerce un important effet réducteur des ions Fe^{2+} .

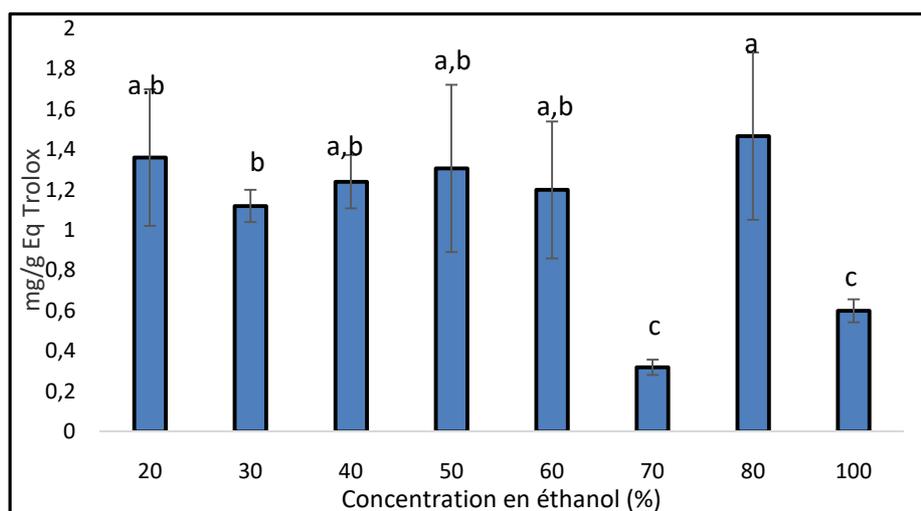


Figure 20 : Pouvoir réducteur des extraits d'écorce de gland de chêne

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

En se référant aux résultats illustrés sur la figure 20, le meilleur pouvoir réducteur est donné par l'extrait éthanolique à 80% ($1,47 \pm 0,4 \mu\text{g/mL}$), suivi d'extrait éthanolique à 20% ($1,36 \pm 0,3 \mu\text{g/mL}$). Les autres extraits ont donné l'ordre décroissant suivant : extrait à 50% > extrait à 40% > extrait à 60% > extrait à 30% > extrait à 100% > extrait à 70%.

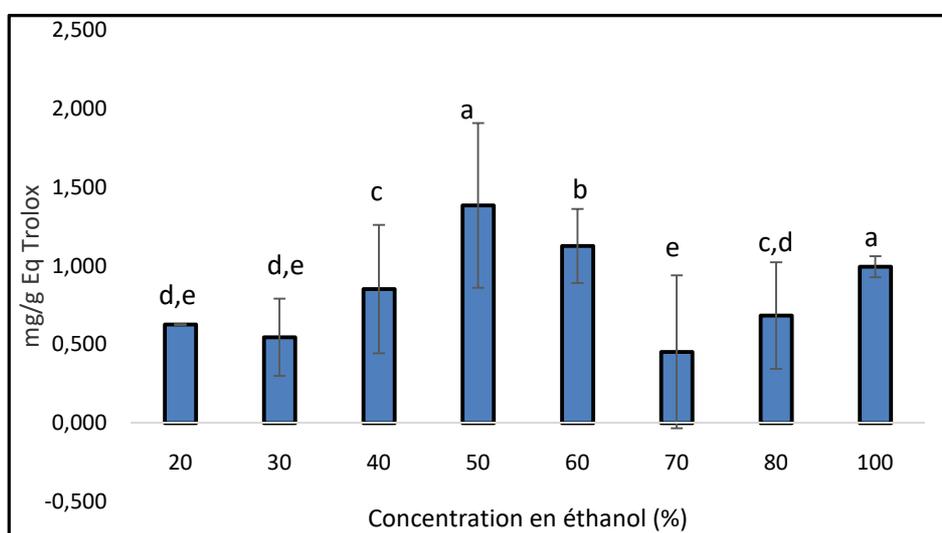


Figure 21 : Pouvoir réducteur des extraits d'épluchures de la patate douce

Les valeurs qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($P \leq 0,05$).

La figure 21 montre que l'extrait éthanolique exerce un important effet réducteur en des ions Fe^{2+} par ordre décroissant suivant : extrait50%<extrait60%<extrait100% <extrait40% <extrait80%<extrait20%<extrait30%<extrait 70%.

VII. Résultats des analyses microbiologiques

VII.1. Poudres

Les résultats obtenus pour les analyses microbiologiques des trois poudres (blanc de gland de chêne, écorces de gland de chêne et épiluchures patate douce) étudiées, sont illustrés dans le tableau V

Tableau V : Résultats d'analyses microbiologiques des trois poudres étudiées

Germes recherchés	Avant pasteurisation	Après pasteurisation
Entérobactéries	Colonies rose clair et violet foncé.	Absence
Flore totale	Colonies lenticulaires en masse.	Quelques colonies

D'après les résultats obtenus, nous constatons la présence des entérobactéries avant pasteurisation qui dépasse le seuil de conformité de l'entreprise ≤ 10 , ainsi que la présence de la flore totale qui est supérieur à la norme exigée <500 . Cela peut être dû à la conservation des poudres dans des flacons non stériles et le stockage de ces derniers à l'abri de la lumière et à température ambiante ce qui peut favoriser le développement des germes.

Tandis qu'après pasteurisation, l'absence totale des entérobactéries et la présence de quelques colonies de flores totale, mais qui reste toujours dans les normes. Ce qui traduit la bonne qualité microbiologique des poudres. Ceci peut être expliqué par l'efficacité du traitement (pasteurisation à $95^{\circ}C$ pendant 13 min dans un bain Marie) qui élimine les germes pathogènes et évite la prolifération de ce qui reste.

VII.2. Produits finis

Les résultats obtenus pour les analyses microbiologiques des yaourts élaborés à base de blanc de gland de chêne, écorces de gland de chêne et épiluchures de la patate douce, sont illustrés dans le tableau VI :

Tableau VI : Résultats d'analyses microbiologiques des trois yaourts

Germes recherchés	Observation
Entérobactéries	Absence
Levure et moisissure	Absence

Les résultats donnés dans le tableau ci-dessus, témoigne l'absence totale des entérobactéries ainsi que les levures et moisissures, cela pourrait être principalement dû à :

- La fiabilité du traitement thermique (95°C pendant 13 minutes) qui ont subi les poudres.
- L'efficacité du système d'hygiène et de nettoyage appliqué par l'unité.

VII.2.1. Test de stress

Les pots ont été conservés dans les chambres de stress 3 jours et 10 jours à 30 °C et à 25°C respectivement. Nous avons noté que les pots des yaourts présentent une qualité microbiologique satisfaisante (absence de germes d'altération). De même, la qualité organoleptique (texture, couleur, odeur) est satisfaisante, cela confirme le respect des bonnes pratiques d'hygiène au niveau du laboratoire lors de l'incorporation de la poudre et de son homogénéisation.

VIII-Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats d'analyse- physico chimiques du produit fini sont récapitulés dans le tableau VII

Tableau VII : paramètres physico-chimiques du yaourt brassé à base des trois poudres

Yaourt à base	pH à J+1	Viscosité (g) à J +1	pH à J+7	Viscosité (g) à J+7	Observation visuelle dans les chambres de stress
Blanc de gland de chêne	4,62	14,4	4,48	9,50	Aucun changement ni de couleur ni de texture ni d'odeur pour les trois produits
Ecorces gland de chêne	4,61	21,7	4,39	13,89	
Epluchures Patate douce	4,63	21,1	4,47	12,01	

Après l'étude du comportement rhéologique suite aux différentes fortifications, un suivi de l'évolution du pH et de viscosité a été réalisé afin d'examiner leur impactes.

L'évolution des valeurs des pH (Tableau VII) pendant la conservation est caractérisée par une diminution. La baisse du pH peut s'expliquer par la croissance de bactéries lactiques favorisant l'acidification du milieu (**Malonga, 1985**).

Les valeurs de la viscosité diminuent avec le temps, la viscosité des trois yaourts à J+7 présente des valeurs plus faibles qu'à J+1. Cette variation de la viscosité peut s'expliquer par les réarrangements protéiques qui ont lieu où les interactions – protéines-protéines sont favorisées par les liaisons de faibles énergies (hydrogènes, hydrophobes ...), ce qui conduit à une diminution de la viscosité au cours du temps (**Abu Jdayil , 2002**).

IX. Résultats de l'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 chacune des catégories analyse sensorielle et analyse hédonique un plan d'expérience optimal a été trouvé, ce qui valide les autres tests sur XLSTAT.

IX.1. Caractérisation produit

Il s'agit d'identifier les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques en fonction des préférences du panel expert.

IX.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur le produit à celui qui à le plus faible (Figure 22).

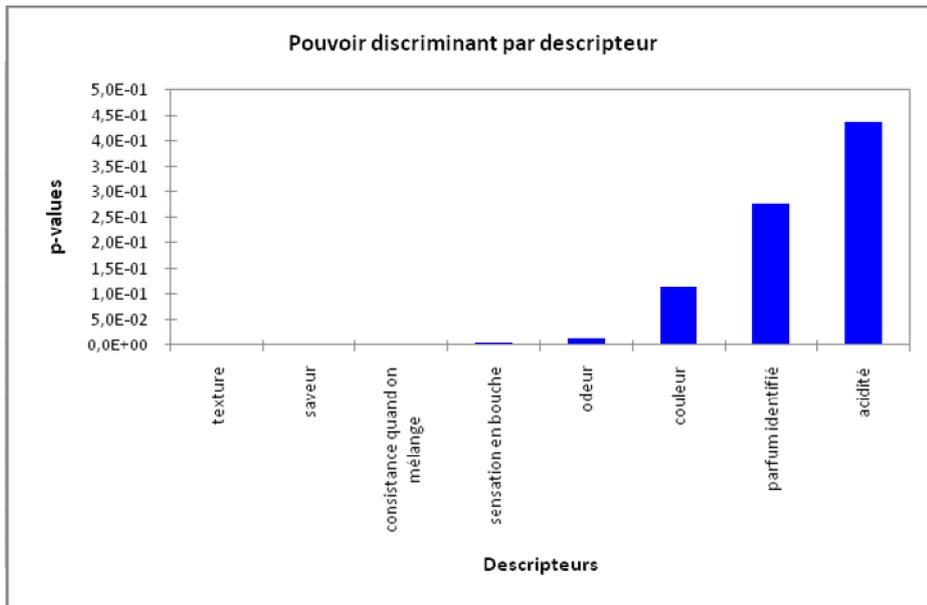


Figure 22: Pouvoir discriminant par descripteur

Le graphe précédant rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les trois échantillons du yaourt. Ils permettent de visualiser que la texture, gout fruité, consistance qu'on mélange, sensation en bouche et odeur sont les descripteurs les plus discriminants. Par contre le descripteur le moins discriminé est l'acidité.

IX.1.2. Coefficients des modèles

Dans la figure 23 sont affichés, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné :

La figure qui suit permet de voir en un coup d'œil ce qui définit le produit (yaourts A, B et C). En bleu, on voit les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif et en rouge celles dont le coefficient est significativement négatif, en blanc les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs

- **Yaourt A** : En bleu, sont affichées les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif, donc le yaourt A est sucré, son odeur est intense, Texture en bouche intense ce qui signifie que la texture en bouche est lisse. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ont des notes proches de la moyenne, ces caractéristiques sont : couleur, acidité et parfum identifié.

En rouge, sont affichées les caractéristiques ayant des notes inférieures à la moyenne. Donc le produit A est caractérisé par une consistance quand on mélange et une saveur faible.

- **Yaourt B** : Caractérisé par une saveur intense, une texture et sensation en bouche faible. Les autres caractéristiques sont proches de la moyenne des notes que les juges ont données.
- **L'échantillon C** : caractérisé par une consistance quand on mélange et une saveur intense. Son odeur est faiblement intense, les autres caractéristiques sont proches de la moyenne des notes que les juges ont données.

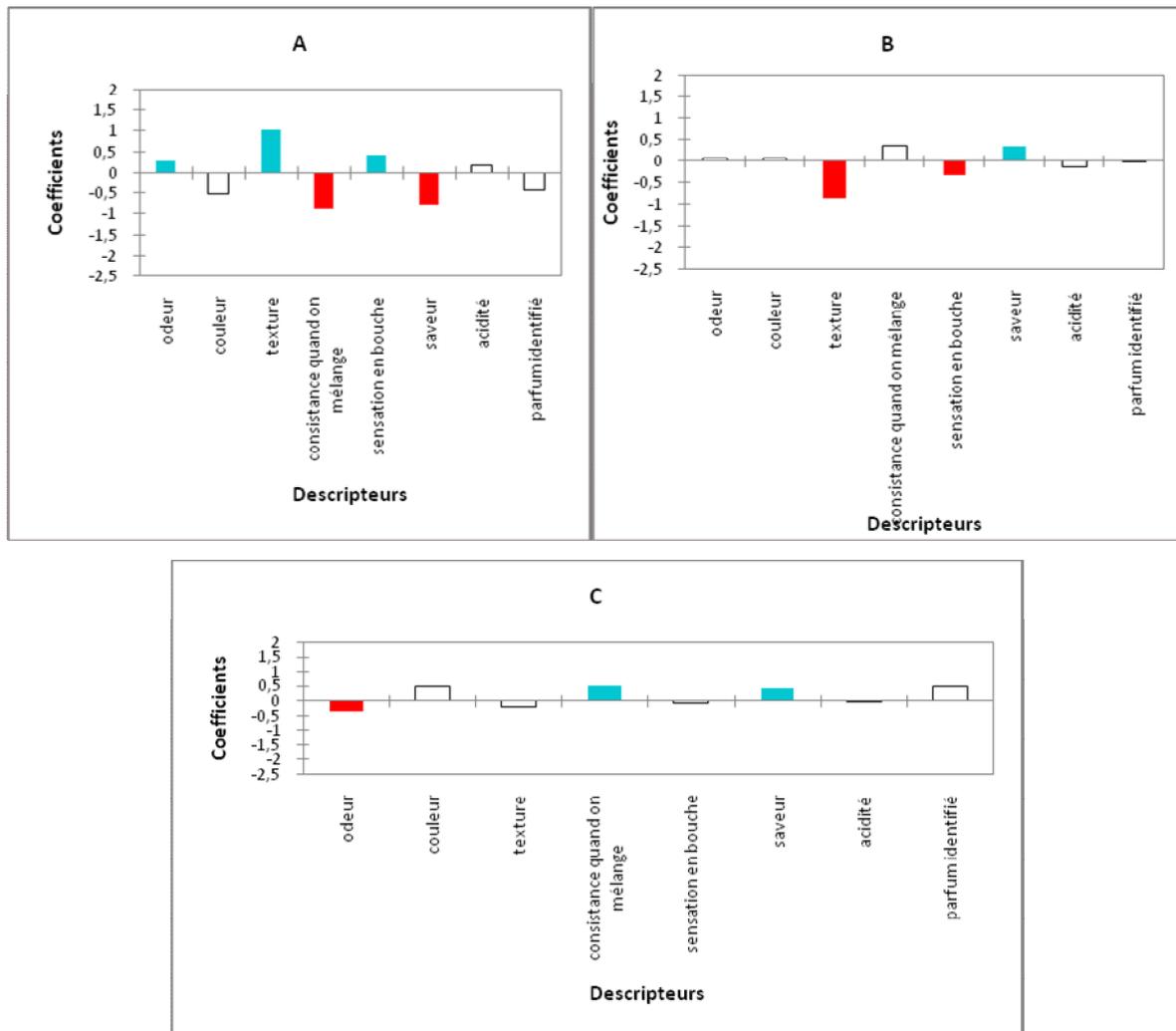


Figure 23 : Coefficient des modèles des trois échantillons du yaourt A, B et C.

IX.1.3. Moyennes ajustées par produit

Ce test permet de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques. On voit donc en bleu les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. En blanc, les moyennes qui ne sont pas significativement plus grandes ou plus petites que la moyenne globale (Tableau VIII).

Tableau VIII : Moyenne ajustées par produits

Produits	Consistance au mélange	Gôûts fruité	Couleur	Parfum identifiée	Odeur	Texture	Goût sucré	Acidité
C	2.917	3.583	4.000	3.917	2.750	3.000	3.083	2.833
B	2.750	3.500	3.583	3.417	3.167	2.333	2.833	2.750
A	1.500	2.333	3.000	3.000	3.417	4.250	3.583	3.083

- **Echantillon A** : nous remarquons que le descripteur consistance quand on mélange, goût fruité ont un effet significativement positif sur le produit. Concernant l'odeur à un effet significativement négatif sur le produit
- **Echantillon B** : le goût fruité a un effet significativement positif sur le produit contrairement à la texture et le gout sucré.
- **Echantillon C** : les descripteurs consistance quand on mélange et goût fruité ont un effet significativement négatif sur le produit par contre l'odeur, texture et gout sucrée ont un effet significativement positif sur le produit.

Et pour les autres caractéristiques des différents produits, elles n'ont ni un effet significativement négatif ni un effet significativement positif sur le produit.

IX.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP) :

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux Caractéristiques physico-chimiques des produits. Cette approche est essentielle car ce n'est que sur cette base que les équipes marketing pourront adapter les produits aux goûts des consommateurs.

La préférence MAPPING permet de visualiser sur une même représentation graphique (en deux ou trois dimensions) d'une part des objets, et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence de juges expert (ACP) en certains points de l'espace de représentation.

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

L'ACP peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations, depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimensions,

($k < p$) tel qu'un maximum d'information soit conservé (l'information est ici mesurée à travers la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. On pourra représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation (JOLLIFFE, 2002)

La carte suivante permet de représenter les corrélations entre les variables et les Facteurs par l'ACP :

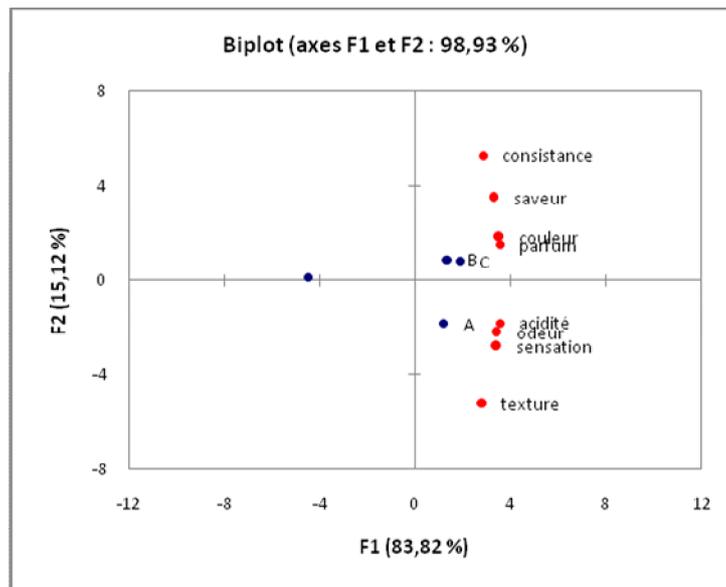


Figure 24 : Corrélation entre les variables et les facteurs.

D'après cette figure nous voyons clairement que le yaourt A caractérisé par une texture lisse, les critères acidité, odeur et sensation en bouche supérieure à celles des autres produits. Les yaourts B et C ont des caractéristiques proches essentiellement la consistance, la saveur, la couleur et le parfum.

➤ Classification ascendante hiérarchique (CAH)

L'application de l'analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférences) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées :

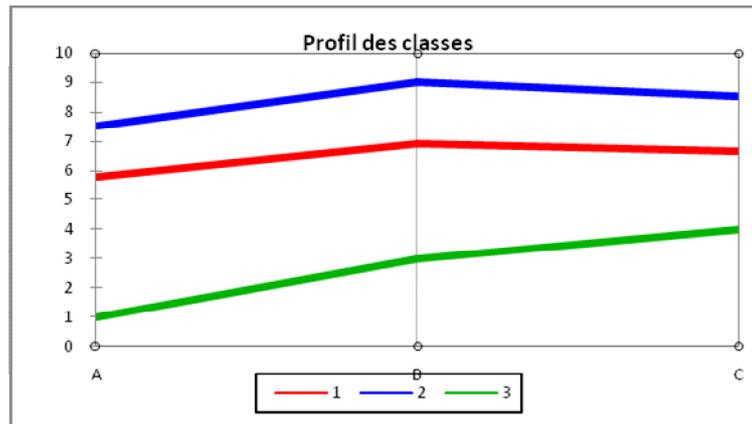


Figure 25 : Profil des classes créés.

D'après la figure précédente : trois classes de consommateurs ont été créés à partir des notes de préférence :

La classe 1 : préfère d'abord le yaourt B puis C ensuite A

La classe 2 : préfère le yaourt B puis C ensuite A

La classe 3 : préfère le yaourt C puis B ensuite A

➤ **Cartographie de préférence PREFMAP**

Ce test a été réalisé dans le but de connaître les préférences des juges vis-à-vis de nos produits. Les résultats obtenus ne reflètent pas forcément les préférences de consommateurs, car le nombre de sujets interrogé est insuffisant, l'échantillon de sujets ayant effectué une analyse hédonique n'est pas représentatif de la population.

Les deux figures courbes de niveau et cartes de préférences sont superposées et la figure 26 est obtenue. D'après la figure suivante, les yaourts B et C sont les plus préférés, ils ont le même degré de préférence. 80 à 100% des juges préfèrent les produits B et C vue leur caractéristique précédemment décrite.

Ensuite vient le yaourt A qui est préféré par 67% des juges.

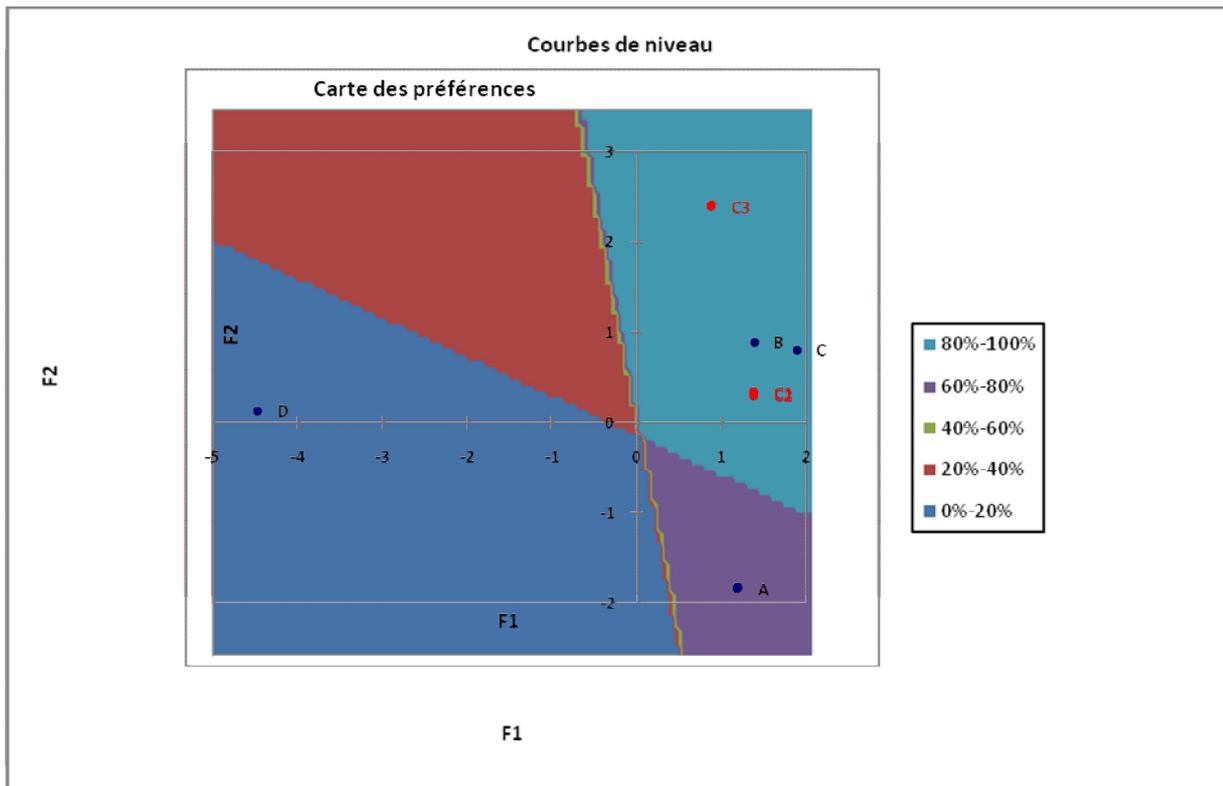


Figure 26 : Carte de préférence PREFMAP

Conclusion et perspectives

Conclusion

L'objectif du présent travail est l'extraction des composés phénoliques de trois échantillons qui sont le blanc de gland de chêne, l'écorce de gland de chêne et les épiluchures de la patate douce. Ceci dans l'intention de les valoriser par la possibilité de leur incorporation lors d'élaboration d'un yaourt brassé à forte valeur ajoutée.

L'optimisation du solvant l'extraction des composés phénoliques en utilisant l'éthanol à différentes concentrations (de 20 à 100%, v/v) a révélé des rendements qui diffèrent d'un échantillon à un autre. L'éthanol à 40 et 50% ont donné le meilleur rendement (19%) pour le blanc de gland de chêne, tandis que l'éthanol 50% a enregistré le rendement d'extraction le plus élevé qui est de 8% pour l'écorce de gland de chêne. Quant aux épiluchures de la patate douce, l'éthanol 60% a permis de donner le rendement le plus important (27%).

En outre, les principaux résultats obtenus ont montré que tous les extraits sont riches en composés phénoliques, en particulier les polyphénols totaux (PT). Les extraits éthanoliques à 60 et 50% de blanc de gland de chêne et de l'écorce de gland de chêne ont montré les teneurs les plus élevées en PT qui sont respectivement de $48,7 \pm 8$ et $29,8 \pm 3,5$ mg EAG/g MS. En revanche, l'éthanol à 80% a permis d'extraire la quantité la plus importante en PT ($168,1 \pm 4,7$ mg EAG/g MS) à partir des épiluchures de la patate douce.

Pour la teneur des flavonoïdes le solvant adéquat pour leur extraction à partir d'écorce de gland de chêne et d'épiluchures de la patate douce est l'éthanol 50% qui a donné respectivement $4,9 \pm 0,6$ et $57,8 \pm 3,1$ mg EQ/g MS. Concernant le blanc de gland de chêne l'extrait éthanolique à 40% a enregistré une concentration en flavonoïdes élevée qui est de $16,5 \pm 0,5$ mg EQ/g MS. Les tannins ont été quantifiés seulement dans les extraits de blanc de gland de chêne et d'écorce de gland de chêne. Leurs extraits éthanoliques à 50 et 30% ont donné des valeurs de $9,93 \pm 0,7$ et $19,67 \pm 0,7$ mg EAT/g MS, respectivement.

Les extraits d'écorce de gland de chêne sont dotés d'une forte activité scavenger du radical DPPH[•] où l'extrait éthanolique à 60% a enregistré l'IC₅₀ la plus faible qui est de $0,9 \pm 0,1$ µg/mL. Les extraits de blanc de gland de chêne ont également montré un effet scavenger considérable du radical DPPH[•] où l'extrait éthanolique à 60% a révélé le meilleur effet avec une IC₅₀ de $0,85 \pm 0,1$ µg/mL. Quant aux épiluchures de la patate douce, ses extraits ont une activité anti-DPPH[•] modérée avec un meilleur effet pour l'extrait éthanolique à 100% (IC₅₀ = $68,2 \pm 5,7$ µg/mL).

Conclusion

Les différents extraits ont par contre un faible pouvoir réducteur, l'extrait éthanolique à 80% de blanc de gland de chêne a une meilleure capacité à réduire le fer ferrique en fer ferreux avec une valeur de $1,7 \pm 0,1$ mg/g équivalent Trolox. De même, l'extrait de l'écorce de gland de chêne préparé avec l'éthanol à 80% à la meilleure capacité réductrice ($1,5 \pm 0,4$ mg/g équivalent Trolox). L'éthanol 50% a permis d'avoir l'extrait avec la meilleure capacité réductrice pour les épluchures de la patate douce ($1,4 \pm 0,2$ mg/g équivalent Trolox).

Les poudres des échantillons (écorce de gland de chêne, blanc de gland de chêne et les épluchures de la patate douce) ont été utilisées avantageusement dans un produit laitier au sein d'une laiterie DANONE dont le but est l'enrichissement du yaourt.

Les analyses physico-chimiques des yaourts préparés ont montré un pH de 4,63 ; 4,62 ; 4,61 pour les épluchures de la patate douce, le blanc de gland de chêne et d'écorce de gland de chêne, respectivement même après 7 jours les yaourts ont gardé leur douceur. Leur viscosité est acceptable comparativement aux yaourts brassés, seulement le yaourt à base de blanc de gland de chêne qui est moins visqueux que les autres formulations.

Les résultats obtenus après l'analyse microbiologique des trois poudres après pasteurisation ont montré l'absence des entérobactéries et de la flore totale. De même, les produits finis ont révélé l'absence totale des entérobactéries, levures et moisissures.

Enfin, une analyse sensorielle par 12 jurys experts, a été réalisée et a permis d'étudier l'acceptabilité et l'appréciation des dégustateurs envers les yaourts produits. Une appréciation de la majorité des dégustateurs a été apportée pour le produit élaboré à base d'écorce de gland de chêne.

A partir de la présente étude, quelques perspectives sont à envisager :

- Tester l'impact de d'autres facteurs d'extraction tels que le temps, la température et le ratio ;
- Déterminer la composition chimique notamment phénolique des extraits ;
- Dosage de la vitamine A pour les épluchures de la patate douce.
- Evaluer d'autres activités biologiques des différents extraits telle que l'activité antimicrobienne ;
- Vérifier si les échantillons n'ont pas d'effets sur la flore lactique et les propriétés fonctionnelles des protéines lactières ;
- Estimer l'activité antioxydante des yaourts préparés et quantifier les antioxydants ;

Conclusion

- Enrichir d'autres matrices alimentaires par les échantillons étudiés.

Références bibliographiques

A

Abu –jdayil B., Mohameed H. (2002). Experimental and modelling studies of the flow properties of concentrated yogurt as affected by the storage time. *Journal of Food Engineering* 52(4) : 359-365.

Alais C, Linden G, Micloul L. (2003). *Biochimie alimentaire*. 5^e édition. Paris : Dunod. p250.

Anonyme. 2015a : http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/445573/tab/taxo, accédé le 21 mai 2015.

Anonyme. 2015c : <http://www.fao.org/wairdocs/x5695f/x5695f05.htm>, accédé le 21 mai 2015

Anonyme. 2015e : <http://sweetpotatoknowledge.org/advocacy/2012-flyers/flyer-6-sweetpotato-facts-and-fiction.pdf>, accédé le 28 mai 2015.

B

Bakchiche B. and Gherib A. (2014). Activité antioxydantes des polyphénols extraits de plantes médicinales de la pharmacopée traditionnelle d'Algérie « Activities of polyphenol extracts from medicinal plants in Algerian traditional pharmacopoeia ». *International journal of Innovation and Applied Studies* 9(1) :167.

Baldosano H.Y., Castillo M.G., Beatriz M., Danica Chantal H., Elloran., Florinda T., Bacani (2015). Effect of article size, solvent and extraction time on tannin extract from *Spondias purpurea* bark through Soxhlet extraction. *Proceedings of the DLSU Research Congress*.

Becker M., Picard J.-F., Timbal J. (1982). *Larousse des arbres, arbustes et arbrisseaux de l'Europe méditerranéenne*. Paris : Larousse, p137.

Benia F. (2010). Étude de la faune entomologique associée au chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans la forêt de Tafat (Sétif, Nord-est d'Algérie) et bioécologie des espèces les plus représentatives.

Berrichi M. (2011). Détermination des aptitudes technologiques du bois de *Quercus rotundifolia* Lamk et possibilités de valorisation.

Boizot N. and Charpentier J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le Cahier des Techniques de l'INRA*,

Numéro spécial 2006 : Méthodes et outils pour l'observation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques. : 79-82.

Bonfils M. (2012). Les glands de chêne. Las Encatadas 011300 Festes ST. André. France.

Brahmi F, Madani K, Dahmoune F, Rahmani T, Bousbaa K, Oukmanou S, Chibane M. (2012). Optimization of Solvent Extraction of Antioxidants (Phenolic Compounds) From Algerian Mint (*Mentha spicata L.*). 2 (4).

Bremness L. (2012). Plantes aromatiques et médicinales. Larousse, p75.

C

Carpes S.T., Begnini R., Matias de Alencar S., Lucia Masson M. (2007). Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity . *Ciência e Agrotecnologia* 31(6) :1818-1825.

Chibane M. (2012). Optimization of Solvent Extraction of Antioxidants (Phenolic Compounds) From Algerian Mint (*Mentha spicata L.*). 2(4).

Chira K., Such J., Saucie C., Teissèdre L. (2008). Les polyphénols du raisin. Ed :Springer.6 :75-82.

Coupez V. G and Hébel P. (2017). Le yaourt, un marqueur « universel » de la qualité de la diète ? *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52, S35-S47.

Cosmulescu S., Trandafir I., Nour V., Ionica M., Tutulescu F. (2014). Phenolics content, antioxidant activity and color of green walnut extracts for preparing walnut liquor. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 42 (2) :551.

D

Dahmani M. (1984). Contribution à l'étude des groupements à chêne-vert (*Quercus rotundifolia Lamk.*) des monts de Tlemcen (Ouest-Algérien) : Approche phytoécologique et phytosociologique.

Dorman H.D., Koşar M., Kahlos K., Holmy; Hiltunen R. (2003). Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties, and cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), pp: 4563-4569.

Dwney M.O and Hanlin R. (2016). Comparaison of ethanol and acetone mixtures for extraction of condensed tannin from grape skin. *South African Journal of Enology and Viticulture* 31(2) :154-159

E

Escobedo-Flores Y., Chavez –Flores D., Salmeron I., Molina-Guerrero C., Perez-vega S. (2018). Optimization of supercriticalfluid extraction of polyphenolsfromoats (*Avena sativa* L.) and thierantioxidantactivities. *Journal of Cereal Science* 80 :198-204.

F

FAO (1995). Lait et produits laitiers dans la nutrition humaine : Alimentation et Nutrition 28p.

Fardellone P., Séjourné A., Blain H., Cortet B., Thoms T. (2016). Ostéoporose : avec ou sans lait ? *Revue du rhumatisme*, 83(5) ,334 -340.

Floret C., GalanM J., Le-floch E., Romane F. (1992). Dynamics of holmoak (*Quercus ilex*L.) coppicesafterclearcutting in southern France. *Veg.* 99 (100) p. 97-105.

Frutos P., Hervas G., Giradez F.J. andMantecon A.R. (2004). Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2 (2) :191-202.

G

Gan C.H., NurulAmira B., Asmah R. (2013). Antioxidantanalysis of different types of ediblemushrooms (*Agaricusbisporous* and *Agaricusbrasiliensis*). *International Food Research journal* 20(3) :1095.

Ghedira K. (2005). Lesflavonides : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactiques et emplois en thérapeutique. *Phythqérapie*.04 :162-169.

GichukiS T., Berenyi M., Zhang D., Hermann M., Schmidt J., Glossl., Burg K. (2003). Geneticdiversity in sweetpotato [*Ipomoeabatatas* (L) Lam.] in relationship to geographic sources as assessedwith RAPD markers.*GeneticResources and Cropevaluation* 50(4) :429 -437.

Girardet J M. (2011). Le lait -une source d'antioxydants d'origine alimentaire, université Henri Poincaré Nancy 1.

Guoqing H.X., Haoping., ChenQihe., Hui.Ruan., ZhaoYue W., Lonseny T. (2005). Optimizationofcondition for supercriticalfluid extraction offlavinoidsfromhops (*Humuluslupulus* L.). *Journal of Zhejiang Univesity Science B*6 (10): 999.

Grey-wilson C., Blamey M. (2009). Toutes les fleurs de méditerranée -les fleurs, les graminées, les arbres et les arbustes. DELACHAUX et NIESTLE, p31.

H

Hagerman AE. and Bulter L -G. (1978). Proteinprecipitationmethode for the quantitative determination of tanins. *Journal agriculture and food Chemistry* 26(4) :809-812.

I

INRF. (2010). Note synthétique sur la gestion sylvopastorale des forets de chêne liège. 14 p.

K

Kasmi M., Aourach M., El Boukari M., Barrijal S., Essalmani H. (2017). Efficacité des extraits aqueux des plantes aromatiques et médicinales contre la pourriture grise de la tomate au Maroc. *Comptes Rendus Biologies* 340 (8) :386-393.

Kasparaviciene G., Ramnaskiene K. (2013). Evaluation of total phenolic content and antioxdantactivity of different *Rosmarinus officinalis* L. ethanolic extracts. » *Biologie* 59(1).

Kim H.P, Son K.H, Chang H.W and kong S S. (2004). Antiinflammatory plant flavonoids and cellular action macanism. *Journal of Pharmacological sciences*, 96(3),229-254.

L

Li H., Wang X., Li Y., Li P. et Wang H. (2009). Polyphenolic compounds and antioxydant properties of selected China wines. *Food Chemistry*, 112 (2) : 454-460.

Luquet F. (1990). Les produits laitiers. Deuxième édition. Paris : Lavoisier. p45.

M

Maataoui BS., Hunyeur A and Hilalis. (2006). Activités Antiradicalaires d'extraits de Jus de Fruits du Figuier de Barbarie (*Opuntia Ficus Indica*). *Lebanese Science Journal*, 7(1), p 3-8.

Mailoa M.N., Mahendradatta M. (2013). Tannin extract of guava leaves (*Psidium guajava* L) variation with concentration organicsolvents. *International Journal of Scientific and Technology Research* 2 (9) :106-110.

Malonga M. (1985). Etude de la fabrication des yaourts en République populaire du CONGO, Essis d'amélioration. Thèse du doctorat de Science alimentaire. L'université de Clermont II. P174.

Middleton E., Kandaswami C., Theoharides T.C. (2000). The affects of plant flavonoids on mammalian cells : implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol Rev*, 52 :67383.

Mohammedi Z. (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen.

N

Nepa (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentos). (2006). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2nd Edn), Fórmula Editora, Campinas, p 113.

Nisar T., Iqbal M., Roza A., Sadar M., Iftikhar F and Waheed M. (2015). Estimation of total phenolics and free radical scavenging of turmeric (*Curcuma longa*). *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci* 15 :1272-1277.

O

Oyaizu M. (1986). Studies on products of browning reactions : antioxidative activity of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44 :307-31.

P

Penchev P., Angelov G., Condoret J S. (2010). Extraction des agents antioxydants (acide rosmarinique) à partir de la mélisse (*Melissa officinalis* L.). *Revue de génie industriel* 5 :115 - 123.

Pincemail J., Degrune F., Voussure S., Malherbe C., Paquot N., Defraigne J O. (2007). Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme* 21(2) :66 -75.

R

Ramade F. (2012). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Paris : DUNOD, P145.

Ribereau-Gayon P. (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Editions : Dunod. Paris, p254.

Ribereau-Gayon J., Peynaud M., Ribereau-Gayon P and Sudraud P. (1972). Sciences et techniques du vin. Tome 1, analyse et contrôle des vins. Ed : Dunod. Paris, p. 671.

Romain J., Mahaut M., Brulé G., Schuck P. (2000). Les produits industriels laitiers. Londres-Paris-Newyork : Lavoisier p48.

Ruiz F.S. (1984). Estudos das variáveis envolvidas no processo d'obtenção de Farinhas pré-gelatinizadas de batata doce, por desidratação com rolo saqueados (Double drum dryer). MSc thesis, Campinas State University, p106.

Russell T. (2012). Les guides nature Larousse arbre du monde. Londres, p167.

S

Sanchez-Moreno C., Larrauri J.A., Saura –Clixto F. (1998). A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphénols. J Sci Food Agri ,79 :270-276.

Sarnii-Manchado P. Et Cheynier V. (2005). Les polyphénols en agroalimentaire. Londres-Paris – New-York : Lavoisier, P19-20.

Sood A and Gupta M. (2015). Extraction process optimization for bioactive compounds in pomegranate peel. Food Bioscience 12 :100-106.

T

Tahirovic A, Basic N et al. (2017). Antioxydant capacity and pheolic content of fraxinus ornus L. And fracxinus pennsylvanica marsch. Laves and bark extracts. Works of the faculty of forestry university of sarajevo 47(1).

Tores M. (2004). Légumes et céréales qui nous guérissent. Delville santé, p151-152.

Touaibia M., and Chaouch F Z. (2014). Evaluation de l'activité anti –oxydante des extraits des extraits aqueux, méthanolique et éthanolique de l'espèce sahra-endémique Mytusnivelei Batt et Trab .(Mytaceae)[Evaluation of the antioxydant activity of aqueous, methanolic and ethanolic extracts of the Sahara –endemic species Myrtusnivelei Batt and Trab .(Myrtaceae)] International Journal of Innovation and Applied Studies 6(3) :407.

U

Unifesp (2008). Universidade Estadual De São Paulo. Tabela de Composição de Alimentos. Available online : <http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=2597>.

V

Vernier P., Varin D. (1994). La culture de la patate douce. Nouméa, Nouvelle-Calédonie, France : Agriculture et développement, p54-55-56.

Vilain A.C. (2010). Qu'est-ce que le lait ? Revue française d'allergologie. vol.50, n°3, p.124-127.

Z

Zimmer N. and Cordesse R. (1996). Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. Productions Animales 3(9) ,167-17.

Annexe 1 : liste des réactifs

- Ethanol 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 100 %
- Carbonate de sodium (Na CO_3) à 20 %
- Chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 2 %
- Réactif de Folin –Ciocalteu
- Sérum albumine bovine (BSA)
- Sodium Dodecyl Sulfate / Triéthanolamine (SDS / TEA)
- Chlorure ferrique (Fe Cl_3) à (0,1)
- Tampon phosphate pH =6,6
- Ferricyanure de potassium ($\text{K}_3\text{Fe (CN)}_6$) à (1 %)
- Acide trichloroacétique (TAC) à (10%)
- Tampon acétate
- Solution DPPH° à 10^{-1} M

Annexe 2 : préparation des solutions et des réactifs

Solution de carbonate de sodium (Na CO_3)

- Elle est préparée en dissolvant 20 g de Na CO_3 dans 100 ml d'eau distillée

Tampon acétate à pH 4,9 : elle est préparée par introduction de :

- 0,56 g d'acide acétique à 0,020 M
- 0 ,492 g de chlorure de sodium (NAOH) à 0,17 M
- Compléter à 40 ml d'eau distillée
- Ajuster à pH 4,9

Solution BSA

Elle est préparée à une concentration de 40 mg /ml du tampon acétate

Solution SDS / TEA : elle est préparée par introduction de :

- 7,5 ml de triéthanolamine (TEA)
- 1.5 g SDS
- Compléter à 150 ml d'eau distillée

Solution de chlorure de fer (FeCl_3)

Dissoudre 81 mg de FeCl_3 à 0,01 M dans 50 ml d' HCl à 0,01 M

✚ **Tampon phosphate** : elle est préparée par introduction de :

- Dissoudre 3.12 g de $\text{H}_2\text{Na PO}_4$ dans 100 ml d'eau distillée
- Dissoudre 7.16 g de Na HPO_4 DANS 100 ml d'eau distillée
- Neutraliser la solution basique par la solution acide jusqu'à $\text{pH} = 6.6$

✚ **Ferricyanure de potassium [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})$]**

- Elle est préparée en dissolvant 1 g de [$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})$] dans 100 ml d'eau distillée

✚ **TCA**

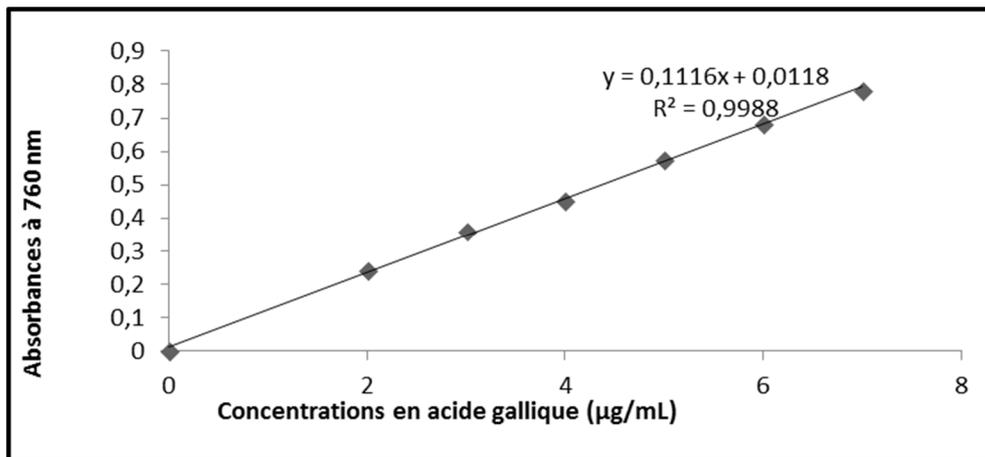
- Elle est préparée en dissolvant 10 g de TCA dans 100 ml d'eau distillée

✚ **FeCl_3**

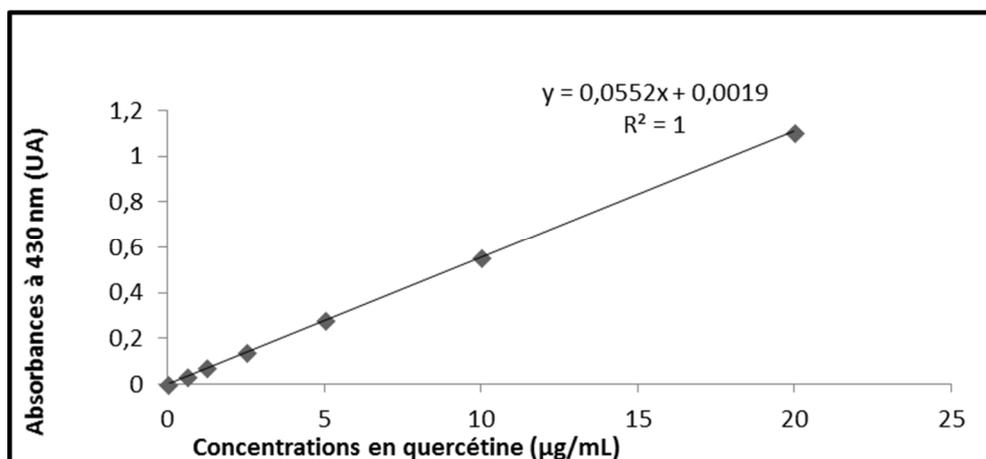
- Elle est préparée en dissolvant 0,1 g de FeCl_3 dans 100 ml d'eau distillée

Annexe 3 : les courbes d'étalonnages

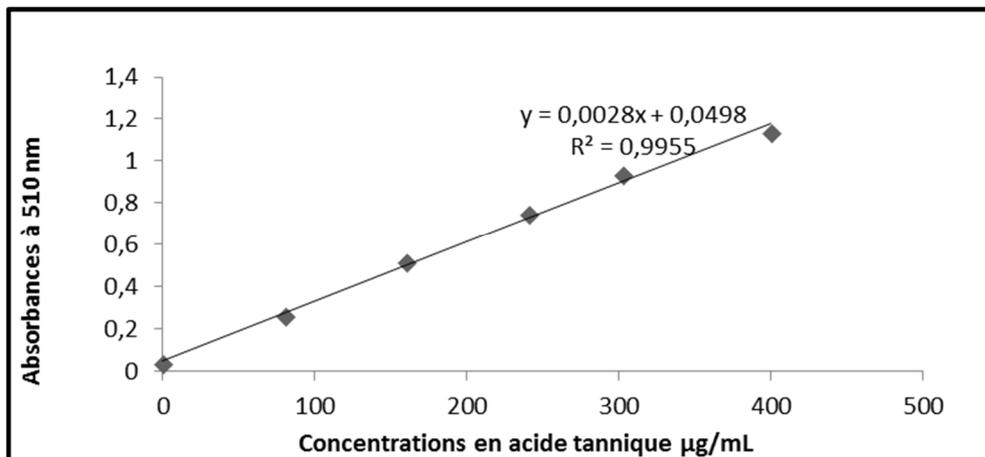
Annexe 3.1 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux



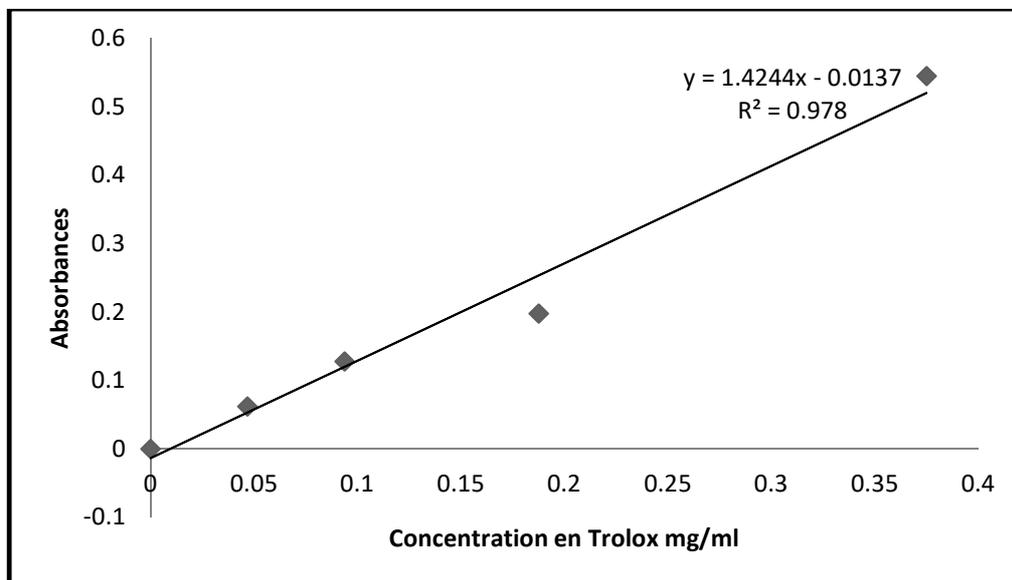
Annexe 3.2 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes



Annexe 3.3 : courbe d'étalonnage pour le dosage des tanins



Annexe 3.4 : courbe d'étalonnage du pouvoir réducteur



Annexe 4 : Questionnaire d'évaluation sensorielle de trois types du yaourt

Age :

Sexe : féminin masculin date :

Trois échantillons du yaourt codés **A**, **B** et **C** vous sont présentés, il vous est demandé de cocher la case correspondante aux descripteurs appropriés.

NB : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon.

1- Odeurs :

1. absente
2. Faible
3. Moyenne
4. forte
5. très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

2- Couleur

1- La couleur du yaourt vous l'appréciez :

1. n'est pas apprécier
2. peu
3. moyen
4. bien
5. très bien

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

3 - Texture :

1 – Texture en bouche :

1. très granuleuse
2. granuleuse
3. moyenne
4. lisse
5. très lisse

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

2 - Consistance quand on mélange (veuillez remuez 10 fois) :

1. très mou
2. mou
3. moyenne
4. ferme
5. très ferme

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

4 – Sensation en bouche :

1- Gout sucré :

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

5- Saveur :

1 –Gout fruités :

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

2- Acidité :

1. Absente
2. Faible
3. Moyenne
4. Forte
5. Très forte

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

3- Parfum identifié :

1. Basilic
2. Vanille
3. Fraise
4. Autre
5. Non identifié

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

6-Attribuez une note allant de 1 à 9 pour chaque échantillon, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré :

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C

Merci pour votre coopération

Résumé

Cette étude vise à quantifier les antioxydants (composés phénoliques) et à évaluer l'activité antioxydante des extraits obtenus après extraction avec l'éthanol à différentes concentrations (20 à 100%, v/v) de gland de chêne (écorce et blanc) et des épiluchures de la patate douce. L'objectif est de valoriser ces échantillons en les incorporant ensuite dans un yaourt brassé. Le dosage a prouvé la richesse des épiluchures de la patate douces en polyphénols totaux et en flavonoïdes où les extraits éthanoliques à 80 et à 50% ont enregistré les meilleures teneurs qui sont respectivement de 168,1±4,7mg EAG/g MS et 57,8±3,1 mg EQ/g MS. Tandis que, l'écorce de gland de chêne est caractérisée par sa richesse en tannins avec une concentration de 19,67±0,7 mg EAT/g MS donné par l'extrait éthanolique à 30%. En outre, les extraits ont montré une activité anti-radical DPPH' considérable où l'éthanol à 20, 60 et 100% ont enregistré les meilleures activités scavenger avec des IC₅₀ de 2,5±0,2 ; 0,9±0,1 et 68,2 ±5,7 µg/mL pour le blanc de gland de chêne, l'écore de gland de chêne et les épiluchures de la patate douce respectivement. En revanche, les différents extraits ont révélé une modeste capacité à réduire le Fe²⁺ en Fe³⁺. L'extrait éthanolique à 80% de blanc de gland de chêne a une meilleure capacité réductrice avec une valeur de 1,7 ± 0,1 mg/g équivalent Trolox, suivi de l'extraits éthanoliques à 80% de l'écorce de gland de chêne (1,5±0,4 mg/g équivalent Trolox) et de l'extrait éthanolique à 50% des épiluchures de la patate douce (1,4 ± 0,2 mg/g équivalent Trolox). Les yaourts brassés fabriqués à DANONE ont une formulation alimentaire de type fonctionnelle à forte valeur ajoutée, suite aux essais d'incorporation des poudres d'écorce de gland de chêne, blanc de gland de chêne et d'épiluchures de la patate douce. Les résultats des analyses physico-chimique et microbiologique s'avèrent satisfaisants. Le test sensoriel a démontré que le yaourt amélioré par l'incorporation d'écorce de gland de chêne est plus apprécié.

Mots clés : Gland de chêne ; épiluchures patate douce ; extraction ; composés phénoliques ; activité antioxydante ; yaourt,

Abstarct

This study aims to quantify the antioxidants (phenolic compounds) and to evaluate the antioxidant activity of extracts obtained after extraction with ethanol at different concentrations (20 to 100%, v / v) of oak glans (bark and white) and peelings of the sweet potato. The objective is to valorize these samples by incorporating them then in a stirred yogurt. The assay proved the richness of sweet potato peelings with total phenolics and flavonoids, where 80% and 50% ethanolic extracts recorded the best contents, which are respectively 168.1±4.7 mg GAE/g DM and 57.8±3.1 mg QE/g DM. While, oak bark is characterized by its high tannin content with a concentration of 19.67±0.7 mg TAE/g DM given by the 30% ethanol extract. In addition, the extracts showed considerable anti-radical DPPH activity where ethanol at 20, 60 and 100% recorded the best scavenger activities with IC₅₀ of 2.5 ± 0.2; 0.9 ± 0.1 and 68.2 ± 5.7 µg/mL for oak glans, oak glans and sweet potato peels, respectively. On the other hand, the various extracts revealed a modest capacity to reduce Fe²⁺ in Fe³⁺. The 80% ethanolic extract of white oak glans has a better reducing capacity with a value of 1.7 ± 0.1 mg/g Trolox equivalent, followed by 80% ethanolic extract of the oak tassel bark (1.5 ± 0.4 mg / g Trolox equivalent) and ethanol extract 50% of sweet potato peel (1.4 ± 0.2 mg/g Trolox equivalently). The brewed yoghurts made in DANONE have a high-added-value functional type of food formulation, after the incorporation of oak acorn bark, oak acorn and sweet potato peel powders. The results of physico-chemical and microbiological analyzes are satisfactory. The sensory test has shown that yogurt improved by the incorporation of oak glans bark is more appreciated.

Key words: Oak acorn; sweet potato peelings; extraction; phenolic compounds; antioxidant activity; yogurt,