

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :

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

Thème

**Elaboration d'un yaourt brassé à base de
pulpe et d'écorce de *Cucurbita pepo***

Présenté par :

AMOUCHAS Louiza & ABED Aldja

Soutenu le : 12 Septembre 2022

Devant le jury composé de :

M ^{me} . ACHAT Sabiha	MCA	Présidente
M ^{me} . BRAHMI Fatiha	MCA	Promotrice
M ^{me} . MEKHOUKHE Aida	MCA	Examinatrice

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

En premier lieu, nos remerciements vont au Dieu tout puissant, qui nous a donné courage, force, patience et volonté pour que ce travail puisse voir le jour, et aidé à surmonter les épreuves et difficultés que nous avons rencontrées au cours de celui-ci.

Nous adressons nos profondes reconnaissances et nos chaleureux remerciements à notre promotrice, M^{me} BRAHMI Fatiha, pour sa précieuse recommandation, ses conseils et son orientation.

Nous remercions aussi les membres du jury; la présidente M^{me} ACHAT Sabiha et l'examinatrice M^{me} MEKHOUKHE Aida, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Notre gratitude va à toute l'équipe de la laiterie SOUMMAM, en particulier à M^{me} MEHLOUL M, Chef de service du laboratoire microbiologique et physicochimique, Mr TAALBA S., M^r DJAFRI B., et M^r HAMITOUCHE B., pour nous avoir orientés et soutenus durant la période de stage, ainsi qu'à l'équipe du laboratoire de recherche 3BS, laboratoire d'analyses instrumentales, sans oublier M^{me} SMAIL L., de nous avoir ouvert les portes du laboratoire d'analyses sensorielles.

Un très grand MERCI à adresser à nos très chers parents pour leurs indéfectibles soutiens, aides et encouragements durant tout notre cursus.

Enfin, dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles qui ont aidé à l'accomplissement de ce travail de près ou de loin.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Partie théorique

I. Généralités sur la citrouille

I.1. Présentation de la famille des cucurbitacées 3

I.2. Production internationale et nationale 3

I.3. Classification botanique 4

I.4. Composition de *Cucurbita pepo* 4

I.5. Propriétés thérapeutiques 5

I.6. Utilisations 7

II. Généralités sur le yaourt

II.1. Historique 9

II.2. Définition 9

II.3. Réglementation du yaourt 9

II.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques 11

II.5. Innovation et yaourt enrichis 13

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

I.1. Matière végétale 17

I.1.1. Récolte de la citrouille..... 17

I.1.2. Préparation de la poudre végétale 17

I.2. Formulation du yaourt brassé à la pulpe et l'écorce de *C. pepo* 17

I.3. Propriétés fonctionnels de la poudre 19

I.3.1. Solubilité et gonflement 19

I.3.2. Capacité émulsifiante 19

I.4. Analyses physico-chimiques	20
I.5. Analyses phyto-chimiques	21
I.5.1. Préparation des extraits	21
I.5.2. Dosage des polyphénols totaux	21
I.5.3. Dosage des flavonoïdes	22
I.5.4. Dosage des flavonols.....	22
I.5.5. Dosage des caroténoïdes	22
I.5.6. Dosage des tannins	23
I.5.7. Evaluation de l'activité antioxydante	23
I.5.7.1. Pouvoir anti-radicalaire du DPPH	23
I.5.7.2. Pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium	24
I.6. Analyses microbiologiques	25
I.7. Analyse sensorielle	26
I.7.1. Analyse hédonique	26
I.7.2. Analyse sensorielle	27
I.8. Etude statistique	27

II. Résultats et discussion

II.1. Propriétés fonctionnelles de la poudre	28
II.1.1. Solubilité et gonflement	28
II.1.2. Capacité émulsifiante	28
II.2. Analyses physico-chimiques	29
II.2.1. Résultats des analyses physicochimiques de l'écorce et de la pulpe de <i>C. pepo</i>	29
II.2.2. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru et des poudres de lait	30
II.2.3. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process	31
II.2.4. Résultats des analyses physicochimiques des yaourts élaborés	32
II.3. Analyses microbiologiques	33
II.3.1. Matières premières	33
II.4. Dosage des protéines	34
II.4.1. Concentrations en protéines des poudres de l'écorce et de la pulpe de <i>C. pepo</i>	34
II.4.2. Concentrations en protéines des yaourts élaborés	35
II.5. Dosages phyto-chimiques	36
II.5.1. Rendement d'extraction	36
II.5.2. Teneurs en polyphénols totaux	36

II.5.3. Teneurs en flavonoïdes	38
II.5.4. Teneurs en flavonols	40
II.5.5. Teneurs en tannins totaux	41
II.5.6. Teneurs en caroténoïdes	42
II.5.7. Activité antioxydante	43
II.5.7.1. Pouvoir anti-radicalaire au DPPH	43
II.5.7.2. Activité antioxydante totale	45
II.6. Analyse sensorielle	46
II.6.1. Moyenne ajustée par produit	46
II.6.2. Cartographie externe de préférence	48
Conclusion	50
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

Abs : Absence

AFNOR : Association Française de Normalisation

AG : Acide Gallique

AOAC : International Association of Analytical Communities

AT : Acide Tannique

BCP : Pourpre de Bromocrésol

BL : Bactérie Lactique

BPLS : Vert brillant et au Rouge de Phénol

BSA : Bovin Sérum Albumine

Cd: Teneur en cendres

CE : Capacité Emulsifiante

CMG : Concentration Minimal Gel

C.pepo : *Cucurbita pepo*

CSR : Clostridium Sulfito Réducteur

DPD : diéthyl-p-phényldiamine

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil

E : Ecorce

ED : Eau distillée

EDS : Eau Distillée Stérile

EDTA : Acide éthylène diamine tétra-acétique

EQ: Equivalent

EST : Extrait Sec Total

FAO : Food and Agriculture Organization

FIL : Fédération Internationale laitière

GA : Germe Acidifiant

H (%) : Humidité

HCl : Acide Chlorhydrique

I% : Pourcentage d'Inhibition

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice à 50%.

JORA : journal officielle république algérienne

MG : Matière Grasse

MP : Matière Protéique

MS : Matière sèche

MT : Matière Totale

N : Normal

NAFLD : Non-Alcoholic Fatty Liver Disease

NAOH : Hydroxyde de sodium.

P : Pulpe

PCA : Plate Count Agar

PDL : Poudre de lait

PDC : Poudre de citrouille

PPT : Polyphénols totaux

RPM : Rotation Par Minute

RPE : Rosa rugosa cv. Plena

SM : Solution Mère

Sub sp : Sous Espèce

TH : Titre Hydrotimétrique

UFC : Unité formant colonie

VF : Viande Foie

VRBG : Gélose Glucosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre

VRBL : Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre

YBE : Yaourt Brassé à l'Écorce

YBP : Yaourt Brassé à la Pulpe

YE : Yaourt à l'écorce

YGC : Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (gélose glucosée à l'extrait de levure)

YP : Yaourt à la pulpe

Liste des figures

Figure 1 : Processus de fabrication du yaourt brassé aux fruits à la laiterie SOUMMAM.....	18
Figure 2 : Solubilité et gonflement de pulpe et d'écorce de <i>Cucurbita pepo</i>	28
Figure 3 : Capacité émulsifiante de pulpe et d'écorce de <i>Cucurbita pepo</i>	29
Figure 4 : Teneurs moyennes en protéines de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	34
Figure 5 : Teneurs moyennes en protéines des différents yaourts formulés	35
Figure 6 : Teneurs moyenne en polyphénols totaux de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	36
Figure 7 : Teneurs moyennes en polyphénols totaux des différents yaourts formulés	37
Figure 8 : Teneurs moyennes en flavonoïdes de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	38
Figure 9 : Teneurs moyennes en flavonoïdes des différents yaourts formulés	39
Figure 10 : Teneurs moyennes en flavonols de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	40
Figure 11 : Teneurs moyennes en flavonols des différents yaourts formulés	41
Figure 12 : Teneurs moyennes en tannins de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	42
Figure 13 : Teneur moyenne en caroténoïdes de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	42
Figure 14 : IC ₅₀ de l'activité antiradicalaire de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	43
Figure 15 : Pourcentage d'inhibition de l'activité antiradicalaire des différents yaourt formulés.....	44
Figure 16 : IC ₅₀ de l'activité antioxydante totale de l'écorce et de la pulpe de <i>C.pepo</i>	45
Figure 17 : Absorbance d'activité antioxydante totale de différents yaourts formulés	46
Figure 18 : Courbe de niveau et carte de préférence des yaourts à la pulpe	48
Figure 19 : Courbe de niveau et carte de préférence des yaourts à l'écorce	49

Liste des tableaux

Tableau I: Taxonomie de <i>Cucurbita pepo</i>	4
Tableau II: Composition approximative de <i>cucurbita pepo</i>	5
Tableau III : Principaux travaux relatifs à l'enrichissement du yaourt par les produits naturels	14
Tableau IV : Caractéristiques de la citrouille étudiée dans ce présent travail	17
Tableau V : Analyses physicochimiques des ingrédients du yaourt à base de <i>C. pepo</i>	20
Tableau VI : Analyses microbiologiques des ingrédients du yaourt à base de <i>C. pepo</i>	25
Tableau VII : Codage des échantillons à déguster	26
Tableau VIII : Résultats des analyses physicochimiques des poudres d'écorce et de pulpe de <i>C. pepo</i>	29
Tableau IX : Résultats de l'analyse du lait cru par le Milko-scan	30
Tableau X : Résultats des analyses des PDL 0% et 26%	31
Tableau XI : Résultats de l'analyse physicochimique de l'eau de process	31
Tableau XII : Résultats de l'analyse physicochimique du produit fini	32
Tableau XIII : Résultats de l'analyse microbiologique de <i>C. pepo</i>	33
Tableau XIV : Résultats de l'analyse microbiologique des matières premières (lait cru, PDL 0% et 26%, sucre)	33
Tableau XV : Résultats de l'analyse microbiologie de produit fini	34
Tableau XVI : Moyennes ajustées par produit des yaourts à l'écorce	47
Tableau XVII : Moyennes ajustées par produit des yaourts à la pulpe	47

Introduction

Au cours des dernières années le monde a observé un intérêt croissant pour l'utilisation des végétaux comme sources d'aliments et de médicaments. En effet, certains produits bioactifs et thérapeutiques dérivés de plantes jouent un rôle préventif contre l'incidence de certaines maladies comme les troubles cardiovasculaires, le cancer, le vieillissement, l'inflammation, les cataractes et les dysfonctionnements cérébraux et immunitaires (**Zaini et al., 2011**).

La demande continue des consommateurs pour des aliments bénéfiques pour la santé ainsi que la dynamique actuelle du marché a conduit à l'exploration et à la reconnaissance de nouvelles et divers sources d'aliments fonctionnels. Actuellement, les chercheurs ainsi que les différentes industries agro-alimentaires s'intéressent de plus en plus aux fruits et légumes en raison de leurs utilisations potentielles en tant qu'ingrédients pour l'élaboration d'aliments fonctionnels. C'est le cas des produits laitiers y compris les yaourts dont de nouvelles recettes sont constamment formulées (**Paci Kora, 2004**), car malgré les effets bénéfiques du yaourt sur la santé, il n'est généralement pas considéré comme une source importante de substances bioactives (**Caleja et al., 2016**). Par conséquent, une attention croissante a été concentrée sur la fortification du yaourt avec des ressources végétales riches en molécules bioactives (**Qiu et al., 2021**).

La famille des *Cucurbitaceae* (cucurbitacées) est l'un des groupes de plantes alimentaires les plus diversifiés génétiquement dans le règne végétal. Elle renferme divers fruits et légumes dont les plus importants sont la gourde, le melon, le concombre, la courgette, la pastèque, le melon, la courge et la citrouille (**Robinson et Decker-Walters, 1999**). Cette dernière contient plusieurs espèces comme *Cucurbita pepo* dont nous souhaitons étudier l'intérêt de son utilisation dans l'élaboration d'un aliment dit fonctionnel d'intérêt diététique et thérapeutique qui est un yaourt probiotique.

Les yaourts sont l'un des produits laitiers de culture les plus consommés dans le monde car ils sont faciles à fabriquer et présentent de nombreux avantages pour la santé (**Hanafi et al., 2022**). Aujourd'hui, celui-ci est typiquement du lait qui a été fermenté et acidifié par des bactéries viables et bien définies, créant un produit épais, souvent aromatisé, avec une durée de conservation prolongée. Il contient des nutriments essentiels et est un véhicule pour l'enrichissement (ajout de probiotiques, de fibres, de vitamines et de minéraux). Il peut également être facilement modifié par des édulcorants, des fruits et des arômes pour en modifier la consistance et l'arôme (**Fisberg et Machado., 2015**).

Le but de ce travail est donc d'enrichir un yaourt brassé par l'utilisation de l'écorce et de la pulpe de *Cucurbita pepo* qui est une source considérable en constituants bioactifs.

Notre travail sera présenté comme suit :

- **La 1^{er} partie** sera consacré aux généralités sur les produits laitiers et la famille des cucurbitacées ainsi qu'à leurs aspects botaniques.
- **La 2^{ème} partie** comprendra :
 - ✓ La caractérisation physicochimique par la détermination du pH, de l'acidité, du taux d'humidité ainsi que d'autres paramètres, et l'analyse phytochimique de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* par le dosage de quelques antioxydants (caroténoïdes, polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés).
 - ✓ L'évaluation des activités antioxydantes des extraits polaires des deux parties.
 - ✓ L'étude de l'impact de l'enrichissement d'un yaourt brassé par les différentes proportions de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* sur ses propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.
 - ✓ La détermination de l'effet de cet enrichissement sur les teneurs en antioxydants et l'activité antioxydante du yaourt.

Partie théorique

I.1. Présentation de la famille des cucurbitacées

Le terme cucurbitacées vient du latin du mot « Corbis » qui signifie une «bouteille » ou «panier », cette famille est communément appelée famille des courges, est génétiquement l'une des familles les plus diversifiées parmi les plantes alimentaires, qui constitue une grande importance économique, sociale et nutritionnelle. Cette famille encadre un énorme rassemblement d'environ 130 genres et 900 espèces dont 300 espèces sont utilisées par l'Homme, mais seules 150 espèces sont largement cultivées et 30 d'entre elles sont indispensables pour la production alimentaire mondiale. Elles sont jardinées et consommées dans de nombreuses parties du monde telles que les régions tropicales et subtropicales (Adeymo et al., 2020, Rolnik et Olas, 2020, Schmidt et al., 2020). Toutefois, 90% des espèces sont localisées dans trois zones principales : Afrique et Madagascar, Amérique centrale et du Sud et Asie du Sud-Est et Malaisie (Avinash et Rai, 2017).

I.2. Production internationale et nationale

La famille des Cucurbitaceae est l'une des plus grandes familles du règne végétal, qui comprend le plus grand nombre d'espèces comestibles, elle compte cinq genres principaux : *Citrullus* (pastèques et colocynthes sauvages), *Cucumis* (concombres, cornichons et melons), *Lagenaria* (courges), *Sechium* (chayotte) et *Cucurbita* (Achilonu et al., 2018). Le genre *Cucurbita*, est la plus importante du point de vue économique, comprend cinq espèces : *C. pepo*, *C. moschata*, *C. maxima*, *C. ficifolia* et *C. turbaniformis* (Gohari Ardabili et al., 2011). Les espèces de *C. pepo* sont généralement reconnues comme la vraie citrouille, et cultivées pour la consommation humaine et pour une utilisation en médecine traditionnelle (Caili et al., 2006).

Au cours des dernières années, différentes espèces de citrouilles sont cultivées dans le monde entier, dans des conditions environnementales variées, avec un rendement de production élevé (Phillips et al. 2005). La production mondiale des espèces de *Cucurbita* était estimée à 22 900 826 tons (FAOSTAT, 2019). Selon cette même source, la Chine (8 427 676 tons) était le plus grand producteur de citrouilles, de courges et de gourdes, suivie de l'Inde (5 655 994 tons), de l'Ukraine (1 346 160 tons) et de la Russie (1 195 611 tons), tandis que l'Algérie (420 135 tons), l'Égypte (406 778 tons), le Malawi (368 025 tons) et l'Afrique du Sud (270 486 tons) viennent juste après. Le commerce des citrouilles est également actif, les États-Unis étant le premier importateur de citrouilles, suivis par la France, le Japon,

l'Allemagne et le Royaume-Uni. D'autre part, le Mexique exporte le plus de citrouilles, suivi par l'Espagne, la Nouvelle-Zélande, les États-Unis et la Turquie (FAOSTAT, 2016).

I.3. Classification botanique

La classification taxonomique de l'espèce *Cucurbita pepo* est indiquée dans le tableau suivant :

Tableau I: Taxonomie de *Cucurbita pepo* (Vanier, 2007).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Subdivision	Spermatophytes
Classe	Magnoliopsida
Superordre	Rosanae
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	<i>Cucurbita</i>
Espèce	<i>Cucurbitapepo</i>

I.4. Composition de *Cucurbita pepo*

La couleur jaune à orange foncé des fruits des cucurbitacées résultent d'une forte teneur en caroténoïdes, principalement du β -carotène et/ou de la lutéine ainsi que de la zéaxanthine (Adebayo et al., 2013, Chilczuk al., 2014). Le trait commun entre les cucurbitacées est la faible teneur en matière grasse de leurs pulpes (environ 2,3% dans *C. pepo*) et un faible index glycémique en raison de la teneur élevée en fibres alimentaires, en particulier les pectines (Kostecka-Gugala et al., 2020).

Les fruits des cucurbitacées sont riches également en composés phénoliques : acides protocatéchique, chlorogénique, salicylique, *p*-hydroxybenoïque, *p*-cumariques, et en ériodictyol-7-néohespéridoside et hespéridine (Kostecka-Gugala et al., 2020).

Le tableau suivant résume les principaux composants de la pulpe et de l'écorce de *Cucurbita pepo* :

Tableau II: Composition approximative de *cucurbita pepo* (Salehi et al., 2019).

Pourcentage (%)	Pulpe	Ecorce
Carbohydrates	2,62 - 48,40	4,37 - 19,45
Protéines	0,20 - 15,50	0,92 - 23,95
Lipides	0,055 - 0,18	0,47 - 6,57
Fibres	0,37 - 11,25	1,23 - 29,62
Minéraux (µg/g)		
Macroéléments		
K	160	160
P	11,38	11,38
Ca	3662	5571
Mg	190	190
Microéléments		
Na	159	159
Fe	91,33	91,33
Zn	320,5	42,92
Cu	16,25	12,91
Se	0,014	0,0127
Mn	0,5	0,5
Ni	0,5	0,5
Pb	0,29	0,29

I.5. Propriétés thérapeutiques

Les cucurbitacées sont connues pour révéler un large éventail de propriétés médicinales et sont donc reconnues comme des aliments fonctionnels. Un certain nombre de leurs composés biologiquement actifs ont été étudiés pour leurs propriétés cytotoxiques, hépatoprotectrices, anti-inflammatoires (telles que l'arthrite) et cardiovasculaires. Pour cette raison, ils peuvent également être considérés comme des aliments sains pour vieillir en bonne santé (Kostecka-Gugala et al., 2020). Parmi leurs autres propriétés, nous pouvons énumérer les suivantes :

□ Propriétés antidiabétiques

Il a été démontré que les cucurbitacées réduisent le besoin d'insuline chez les patients diabétiques. De nombreuses études ont confirmé l'efficacité hypoglycémiante de divers polysaccharides présents dans la pulpe. De plus, la recherche sur des modèles animaux et humains a révélé que le traitement avec certains extraits de citrouille, par ex. *C. moschata*, avaient des effets hypoglycémians et d'autres effets antidiabétiques ainsi qu'une régénération stimulée des cellules β -pancréatiques (**Kostecka-Gugala et al., 2020**).

□ Propriétés anticancéreuses

La plupart des propriétés anticancéreuses de cucurbitacées concernent les graines et leurs huiles ; cependant, plusieurs études ont révélé le potentiel anti-cancérigène des composés contenus dans les fruits. Les polysaccharides des cucurbitacées ont directement induit l'apoptose des cellules HepG2 en raison de la régulation à la baisse des voies de transduction du signal, et ce mécanisme a été proposé pour faciliter le développement d'une stratégie thérapeutique pour le traitement de l'hépatome humain. Les cucurbitacines sont des molécules triterpéniques, présentes notamment chez certaines espèces de cucurbitacées, qui induisent l'apoptose de diverses lignées cellulaires cancéreuses et arrêtent le cycle cellulaire en phase G2/M (**Kostecka-Gugala et al., 2020**).

□ Autres propriétés

Dans plusieurs régions du monde, les graines de *C. pepo* sont utilisées en médecine traditionnelle pour soigner les maladies urinaires et prostatiques, ou comme remèdes antipyrétiques et analgésiques. Leurs activités antioxydantes et inhibitrices de la lipoxigénase sont bien documentées (**Kostecka-Gugala et al., 2020**). *C. pepo* aide à augmenter la fertilité, à stimuler le système immunitaire, à améliorer la vue, à lutter contre les convulsions, et à promouvoir la santé du cœur et de la peau (**Rahman et al, 2019 ; Hosen et al., 2021**).

Selon **Chen (2005)**, **Yadav et al. (2010)**, **Giwa et al. (2010)**, les cucurbitacées sont traditionnellement utilisées pour soigner : la dystrophie maculaire, les crampes et la distension abdominale dues aux vers intestinaux, l'hypertension et les infections microbiennes.

L'extrait de la pulpe de fruit de *C. pepo* a induit une augmentation de l'activité de la phosphatase alcaline et de l'épaisseur de la muqueuse qui a confirmé ses propriétés protectrices gastroduodénales et anti-ulcérogènes (**Kostecka-Gugala et al., 2020**).

Cucurbita ficifoliaa a été répertorié dans un groupe des meilleures plantes médicinales anti-obésité en raison de sa capacité à réduire l'inflammation chronique systémique accompagnant l'obésité (**Kostecka-Gugala et al., 2020**). En effet, c'est un légume peu calorique qui répond à de nombreux besoins diététiques (**Gbemenou et al., 2022**).

I.6. Utilisations

Dans toutes les anciennes civilisations avant l'emploi de la poterie, les cucurbitacées sont utilisées pour la fabrication des vases, récipients et cuillères ainsi que les instruments de musique (**Polese, 2006**). En outre, toutes les parties des plantes de la famille des cucurbitacées sont comestibles et sont donc cultivées pour leurs graines, leurs fleurs, leurs racines, leurs feuilles et leurs fruits. Les fleurs de courges et de citrouilles et les racines de chayotte sont des ingrédients des cuisines traditionnelles. Les graines peuvent être consommées crues ou grillées, et peuvent également servir de matière pour l'huile de cuisson. Les fruits sont utilisés lorsqu'ils sont récoltés à différents stades de maturité et peuvent être cuits au four, marinés, confits ou consommés crus (**Kostecka-Gugala et al., 2020**).

Dans le domaine agroalimentaire, de nombreux produits et préparations à base de citrouille sont commercialisés tels que les confitures, sirops et gelées et aussi utilisées comme additifs dans divers produits destinés pour notre alimentation (**Tamer et al., 2010**). La citrouille produite commercialement est principalement utilisée pour la production de tarte à la citrouille, pain, biscuits, cheese-cakes, desserts, beignets, granola, glaces, lasagnes, crêpes, pudding, beurre de citrouille, salades, soupes et farces. Les graines, riches en huile, sont également utilisées au Mexique, avec du nectar pour faire des pâtisseries, appelées palanquetas. Les bourgeons floraux et les fleurs sont utilisés au Mexique pour cuisiner des quesadillas. Le fruit et la racine de *Cucurbita foetidissima Kunth* sont également riches en saponines, qui peuvent être utilisées comme savon, shampoing et agent de blanchiment (**Salehi et al., 2019**).

Les graines ont une saveur unique de noix, et sont vendues en épiceries et consommées en tant que snack grillé et salé. L'huile de pépins de courge est utilisée comme marinade ou comme sauce de salade. Déjà présentée comme un concurrent de l'huile d'olive, elle est utilisée dans de nombreux délices épicuriens, à savoir le chocolat, les barres de céréales, les gâteaux, les muffins, le pesto, le ragoût et comme garniture de pâtes. Le beurre de pépins de courge est considéré comme une excellente alternative au beurre d'arachide. Les grands magasins d'alimentation américains vendent une myriade de variétés de produits de

graines de citrouille, à savoir des chips de tortilla, salade de légumes, et salade de quinoa. Les graines de citrouille et l'huile qui en est dérivée représentent une industrie de plusieurs millions de dollars en Europe (**Patel., 2013**).

II.1. Historique

Dans les pays occidentaux, les produits fermentés sont connus sous le terme de yaourt ou yogourt ou yoghourt qui ont fait leur entrée officielle dans le Petit Larousse en 1905 suite à la découverte de la bactérie *Lactobacillus bulgaricus* donnant de l'acidité au yaourt par le médecin, et microbiologiste Bulgare Stamen Grigorov (**Lablondele, 2007**). Le mot Yaourt est originaire d'Asie, venant de «yoghurmark», mot turc signifiant «épaissir» (**Tamime et Deeth, 1980**). En 1919, Isaac Carasso commence à produire celui-ci à Barcelone selon des procédés industriels (**Pelletier et al., 2007**).

Le yaourt dit «nature» constituait l'essentiel des productions de laits fermentés, puis sont apparus d'autres produits (**Syndifrais, 1997**). Aujourd'hui, il n'existe guère de supermarché où le yaourt n'est pas présent dans l'un des rayons.

II.2. Définition

Selon le *Codex alimentarius* et la **FAO (1975)**, le yaourt est un « produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sub.sp *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec) ». Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes (**Syndifrais, 1997**).

- En fonction de la technologie de fabrication, les yaourts se divisent en trois groupes:
- **Yaourts fermes** : dont la fermentation a lieu en pots. Ce sont généralement des yaourts nature ou aromatisés (**Luquet et Carrieu, 2005**).
 - **Yaourts brassés** : dont la fermentation a lieu en cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (**Luquet et Carrieu, 2005**).
 - **Les yaourts à boire** : qui après avoir été brassés sont battus dans des cuves avant d'être conditionnés (**Fredot, 2005**).

II.3. Réglementation du yaourt

- Les critères pris en compte par le Codex alimentarius et la FIL (Fédération Internationale Laitière) dans la réglementation du yaourt sont les suivants:
- **Types de produit** : ils sont définis souvent en fonction de leur teneur en matière

grasse ou de l'adjonction éventuelle d'ingrédients (yaourt partiellement écrémé ou maigre, yaourt écrémé, le yaourt sucré et le yaourt nature) (Syndifrais, 2020).

– **Type de ferment utilisé** : selon la FIL (Fédération Internationale Laitière), et de nombreux pays, la dénomination «yaourt» nécessite l'utilisation obligatoire et exclusive des deux ferments caractéristiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* sub sp bulgaricus (Luquet et Carrieu, 2005).

– **Quantité de ferment contenue dans le produit fini** : la FIL fixe la quantité de ferments vivants, égale à 10^7 bactéries par gramme rapportés à la partie lactée jusqu'à la date limite de consommation (Syndifrais, 2020).

– **Viabilité de la flore lactique** : flore viable pendant toute la durée de vie (Syndifrais, 2020).

– **Ingrédients laitiers** : lait pasteurisé, congelé, écrémé, concentré, en poudre, crème et caséines etc (Syndifrais, 2020).

– **Ingrédients non laitiers** : une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. Il peut s'agir par exemple de fruits sous différentes formes (purée, jus, pulpe, sirop etc.), de céréales, de légumes ou de sucre. La quantité d'ingrédients non laitiers est fixée par le Codex alimentarius, la FIL et la plupart des pays à moins de 30% en poids du produit fini (Syndifrais, 2020).

– **pH**: La FIL préconise une teneur de 0,7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité de 0,6 à 15%. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6 (Luquet et Carrieu, 2005).

– **Taux de matière grasse** : Il doit être au minimum, inférieur à 3% (*m/m*) dans le cas des yaourts (nature, sucré ou aromatisé), compris entre 0,5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et 0,5% dans les yaourts écrémés (Vignola, 2002).

– **Teneur en protéines** : elle est égale à 2,8% dans le produit fini (Luquet et Carrieu, 2005).

II.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

▪ Intérêts nutritionnels

Or mis leurs texture et leurs goût largement appréciés, les produits laitiers fermentés sont largement consommés en raison de leurs valeurs nutritionnelles bien spécifiques (**Serra et al., 2009 ; Sodini et Béal, 2004**). En effet, un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (**Jeantet et al., 2008**). Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleure valeurs nutritionnelles et thérapeutiques (**Serra et al, 2009; Sodini et Béal, 2012**).

○ Amélioration de la digestion du lactose

Selon des études réalisées par **Luzzana et al. (2003)**, il a été établi que la consommation du yaourt peut atténuer les symptômes de l'intolérance au lactose ce qui est très intéressant pour les sujets déficients en lactose, ceci est dû en particulier aux ferments lactiques vivants qui transforment une partie du lactose en galactose et glucose.

○ Amélioration de la digestibilité de la matière grasse

Bien que l'activité lipolytique des BL soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus, l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la dispersion des globules gras (**Mahaut et al., 2000**).

○ Amélioration de la digestibilité des protéines

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

▪ Intérêts thérapeutiques

Or mis les différentes qualités nutritionnelles et organoleptiques du yaourt, ce dernier est très réputé pour les effets bénéfiques sur la santé humaine (**Xanthopoulos et al., 2001**). Ces effets dépendent à la fois des souches utilisées et des métabolites produits. Quelques effets thérapeutiques sont résumés ci-dessous :

- **Effet sur le système immunitaire**

L'effet immuno-régulateur du yaourt a pu être démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons, d'immunoglobulines et dans l'activation des lymphocytes B est attribuée à *Lactobacillus bulgaricus* (Jeantet et al., 2008).

Dans le cas de maladies inflammatoires de l'intestin telles que la maladie de Crohn ou les colites ulcératives, l'administration de yaourt pendant la période de rémission prévient la récurrence de l'inflammation sans pour autant avoir des effets secondaires indésirables chez des souris (Chaves et al., 2011).

- **Activité antimicrobienne**

Le yaourt joue un rôle important dans la prévention contre les infections gastro-intestinales, son intérêt dans le traitement contre les diarrhées infantiles, a été démontré par Lucas et al. (2004). Les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des pro-biotiques (Jeantet et al., 2008). Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes (Tabak et Bensoltane, 2011).

- **Action anticholestérolémiant**

La consommation du yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait pour maintenir une cholestérolémie basse (Mahaut et al., 2000). Des tests *in vitro* ont démontré une réduction du taux de cholestérol dans un milieu de culture avec *Lactobacillus bulgaricus*. Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer ce fait, comme l'assimilation du cholestérol par les bactéries (Izquierdo-Alegre, 2009).

- **Effet sur le tube digestif**

Le yaourt a également un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales et tend aussi à rétablir un équilibre bactérien favorable à la normalisation du transit digestif (Syndifrais, 1997). Des études anciennes ont démontré l'intérêt de yaourt sur les traitements des diarrhées infantiles (Mahaut et al., 2000; Shah, 2017).

- **Effet sur le système hépatique**

Des études récentes ont suggérées que les pro-biotiques présents dans le yaourt peuvent avoir des effets bénéfiques sur le traitement et la prévention des NAFLD (Non-Alcoholic

Fatty Liver Disease) et autres complications hépatiques en raison de leurs capacités à augmenter la fonction de la barrière intestinale (**Nabavi et al., 2014**).

- **Activité anti-carcinogène**

Les bactéries modifient les enzymes bactériennes à l'origine de carcinogène (indicateur de cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation des substances précancéreuses (**Jeantet et al., 2008**).

- **Effet sur le métabolisme général**

Favorise une bonne gestion du poids et réduit l'incidence de l'obésité en augmentant les taux d'hormones de réduction de l'appétit (**Kostecka-Gugala et al., 2020**).

II.5. Innovation et yaourt enrichi

Les entreprises agroalimentaires ne cessent d'innover et précisément deux sur trois d'entre elles innoveront en permanence et chaque année plus de 3000 nouveaux produits sont mis sur le marché et concourent à la qualité et à la santé (**Agreste, 2011**). En effet, cette dernière ainsi que la praticité sont des moteurs importants de l'innovation avec respectivement 20 et 16% (**Arts et al., 2011**).

Le marché du yaourt est au premier rang de l'alimentaire. La prise de conscience croissante des bienfaits du yaourt pour la santé, l'innovation des produits et la disponibilité de différents saveurs et sortes de yaourts ont contribué de manière significative à l'augmentation de sa consommation au cours des dernières décennies (**Chandan et al., 2017**).

L'enrichissement de yaourts avec des composés bioactifs naturels de divers fruits et légumes a attiré l'intérêt des scientifiques et des industriels ; ainsi, des yaourts fonctionnels innovants ont été développés et qui possèdent des propriétés améliorées et bénéfiques pour la santé (**Brahmi et al., 2022**). Quelques exemples de yaourts enrichis par les produits naturels sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III : Principaux travaux relatifs à l'enrichissement du yaourt par des produits naturels.

Produits naturels utilisés pour l'enrichissement	Impact de l'enrichissement	Références
Pulpe d'açaï (<i>Euterpe oleracea</i>)	Augmentait la teneur en acides gras mono-insaturés et poly-insaturés et améliorait la production d'acides α -linoléique et linoléique conjugués pendant la fermentation du lait écrémé.	Espírito Santo et al., 2010
Polyphénols d'olive	Acceptable par les clients et a un effet protecteur contre la chute de pH indésirable tout au long de la conservation du yaourt.	Petrotos et al., 2012
Extrait aqueux de <i>Pleurotusostratus</i>	Possibilité de son utilisation dans la fabrication de yaourts faibles en gras avec une activité fonctionnelle, et modifie les propriétés rhéologiques.	Vital et al., 2015
Une solution riche en composés phénoliques issue du vin	Propriétés organoleptiques intéressantes et une activité antioxydante appréciable.	Guiné et al., 2016
Extrait de ginseng rouge	Augmentation de la teneur en lactose, en protéines, en solides totaux et en cendres, diminution de la teneur en matières grasses et en humidité ainsi qu'une réduction du de temps de fermentation du yaourt et amélioration de la capacité antioxydante.	Jung et al., 2016
15 % de pulpes de citrouille	Amélioration de certaines propriétés chimiques, physicochimiques, et les caractéristiques sensorielles, ainsi que la capacité antioxydante du yaourt brassé.	Barakat et al., 2017
<i>Spirulina platensis</i>	Accélération de la fin de fermentation et conservation des propriétés texturales, acceptabilité sensorielle et	Barkallah et al., 2017

	amélioration de la capacité de rétention d'eau et diminution la synérèse de lactosérum.	
La patate douce violette	Amélioration de la fonctionnalité du yaourt.	Afiati et al., 2018
Enveloppe de psyllium (<i>Plantago ovate</i>)	Augmentation du nombre de jours de stockage dans des conditions réfrigérées, et acceptabilité sensorielle.	Bhat et al., 2018
Marc de raisin (<i>Vitislabrusca</i> L.)	Diminution de la séparation du lactosérum, augmentation de la viscosité pendant le stockage, viabilité des bactéries lactiques, et appréciation sensorielle.	Demirkol et al., 2018
Cryo-concentré de la pulpe de fraise	Trois fois plus d'anthocyanes et d'effets antioxydants.	Jaster et al., 2018
Extraits aqueux de baies séchées et de leurs peaux	Augmentation de la capacité antioxydante et des composés phénoliques.	Raikos et al., 2018
polyphénol de pelure de pomme	Amélioration des caractéristiques sensorielles, et de l'activité antioxydante ainsi qu'une meilleure viabilité des probiotiques.	Ahmad et al., 2020
Anthocyanes de baie de riz	Diminution de la teneur en glucose postprandial et amélioration de la capacité antioxydante du plasma des volontaires sains.	Anuyahong et al., 2020
Fruit de moine	L'édulcorant à base de fruits de moine a été utilisé dans l'élaboration de yaourt à boire au lait de chamelle avec des propriétés fonctionnelles excellentes pour la santé des consommateurs.	Buchilina, 2020
Jus de raisin et baies	Elévation de l'activité antioxydante, et de la teneur en composés phénoliques, viabilité des bactéries lactiques, et colorant rouge naturel.	Dimitrellou et al., 2020
Marc de pomme	Stabilisant naturel et source de fibres alimentaires, augmente la fermeté, la cohésion, la viscosité et	Wang et al., 2020

	réduit la libération de lactosérum pendant l'entreposage au froid.	
Extrait de feuille d'argel (<i>Solenostemma aerge</i> Hayne)	Amélioration des qualités physiques, nutritionnelles, antioxydantes et sensorielles.	Ahmed et al., 2021
Poudres de pelures de pomme, et de pépins de raisin	De meilleures propriétés physico-chimiques et sensorielles.	Brahmi et al., 2021
La peau de noisette.	Meilleure viabilité des bactéries, capacité de rétention d'eau et capacité antioxydante plus élevés.	Dinkçi et al., 2021
Rose comestible (<i>Rosa rugosa</i> cv. Plena)	Augmentation des composés phénoliques totaux, de l'activité antioxydante, et l'activité protéolytique des yaourts.	Qiu et al., 2021
Extrait de pourpier commun	Une bonne source de composés fonctionnels.	Salehi et al., 2021
Epluchures de pomme de terre	Augmentation des composés phénoliques totaux, et de l'activité antioxydante.	Brahmi et al., 2022

Partie expérimentale

Une partie de ce travail a été réalisée au niveau de la laiterie SOUMMAM sise à Akbou. L'autre partie a été menée au sein des laboratoires de recherche (3BS) et pédagogie (analyses instrumentales) de l'université de Bejaia. L'objectif principal de cette étude est d'élaborer un yaourt brassé à base de pulpe et d'écorce de citrouille (*Cucurbita pepo* L.), ainsi que de déterminer ses caractéristiques physico-chimiques, phyto-chimiques, microbiologiques et sensorielles.

I.1. Matière végétale

I.1.1. Récolte de la citrouille

La citrouille (*Cucurbita pepo* L.) utilisée dans ce travail est issue d'un jardin situé au sein de la commune d'AIT ARZINE de la wilaya de Bejaia le 28/03/2022, après avoir effectué une identification. Les caractéristiques de cette variété sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV : Caractéristiques de la citrouille étudiée dans ce présent travail.

Espèce	Couleur	Forme	Poids (kg)	Largeur (cm)	Longueur (cm)	Épaisseur (cm)	Origine
<i>Cucurbita pepo</i> L.	Orange	Ronde	3,88	43,4	23,9	2,7	AIT ARZINE

I.1.2. Préparation de la poudre végétale

Au sein du laboratoire de contrôle de qualité de la laiterie Soummam, la citrouille a été lavée sous l'eau froide, essuyée, et les parties non comestibles ont été éliminées, la pulpe et l'écorce ont été séparées, puis découpées en petits cubes, ensuite introduits dans une étuve ventilée et séchées à 40 °C pendant 5 jours jusqu'à l'élimination de la totalité d'eau contenue dans l'écorce et la pulpe. Après séchage, les résidus ont été broyés puis tamisés jusqu'à obtention d'une poudre fine ($\leq 500 \mu\text{m}$).

I.2. Formulation du yaourt brassé à la pulpe et l'écorce de *C. pepo*

Le yaourt brassé semi fini a été formulé au sein de la laiterie SOUMMAM selon les étapes du processus de fabrication de l'entreprise représentées dans la (figure 1). Les quantités incorporées de la poudre de pulpe et d'écorce sont de 0,25, 0,5, 0,75 et 1%.

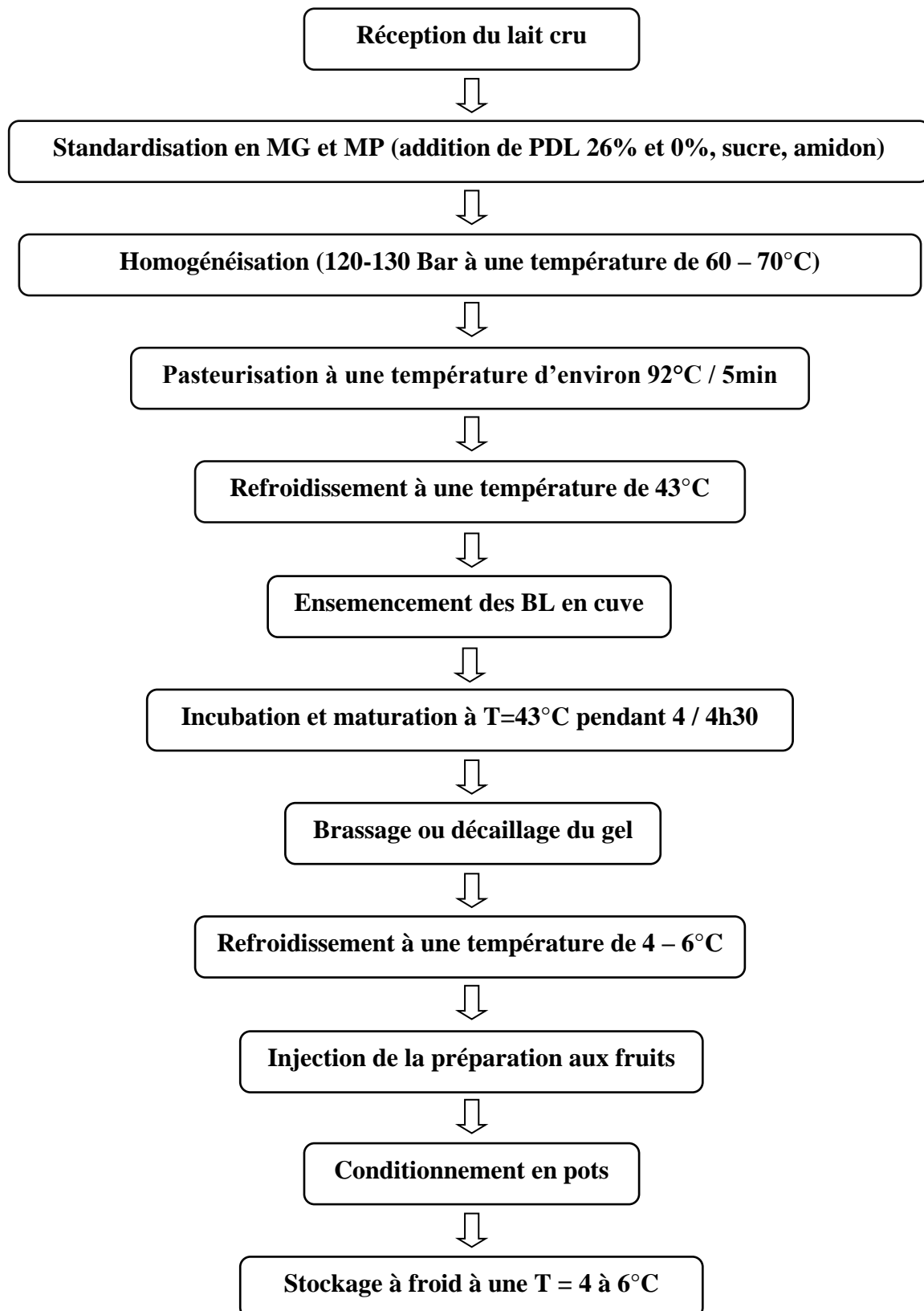


Figure 1: Processus de fabrication du yaourt brassé aux fruits à la laiterie SOUMMAM.

I.3. Propriétés fonctionnelles de poudre d'écorce et de pulpe de *C.pepo*

I.3.1. Solubilité et gonflement

○ Principe

Cela consiste à mesurer le volume d'eau permettant l'écartement des macromolécules dans une structure solide. Le gonflement peut conduire à la solubilité (Ju et al., 2012).

○ Mode opératoire

L'indice de solubilité a été déterminé par le protocole cité par Ju et al. (2012).

Mettre 0,35 g de poudre dans des tubes à centrifuger préalablement pesés, ajouter 12,5 mL d'eau distillée puis placer dans un bain Marie agitateur à 60 °C pendant 30 min puis centrifuger à 5000 rpm/min pendant 15 min.

Le surnageant a été filtré et récupéré dans des capsules en verre préalablement pesées et séchées, à 100 °C pendant 20 min et le poids du culot humide a été également déterminé.

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

- La solubilité (%) = $\frac{\text{poids des solides dans le surnageant (g)}}{\text{poids de la prise d'essai (g)}} \times 100$
- Le gonflement = $\frac{\text{poids du culot humide (g)} \times 100}{\text{poids de la prise d'essai (g)} \times (100 - \text{solubilité (\%)})}$

I.3.2. Capacité émulsifiante

La capacité émulsifiante est déterminée en adoptant le protocole de Thanatcha et Pranee (2011) ;

Mettre 0,35 g de poudre dans des tubes à centrifuger, ajouter 5 mL d'eau distillée puis mélanger au vortex pendant 30 s, puis ajouter 5 mL d'huile puis mélanger au vortex pendant 5 min ensuite centrifuger à 1200 rpm/5 min.

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

$$\text{CE (\%)} = (\text{L}_1/\text{L}_0) \times 100$$

L₁ : Longueur de l'émulsion.

L₀ : Longueur total.

I.4. Analyses physico-chimiques

Les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire de physicochimie suivant le manuel de la laiterie SOUMMAM. Les analyses physicochimiques effectuées sur les différents ingrédients de la production d'un yaourt brassé à base de *C. pepo* sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau V : Analyses physicochimiques des ingrédients du yaourt à base de *C. pepo*.

Echantillons Paramètres	Matière premières					Produit fini
	Pulpe et écorce de courge	Lait cru	PDL 26%	PDL 0%	Eau de processus	
pH	X	X	X	X	X	X
Acidité °D	X	X	X	X		X
Est (%)	X		X	X		X
Taux d'humidité (%)	X		X	X		
MG (%)		X	X			X
Masse volumique			X	X		
Taux de brix (%)						X
Dosage des protéines	X					X
Taux de cendres (%)	X					X
TH					X	
Dosage de Cl ⁻					X	
Dosage de Cl ₂					X	
Conductivité					X	

X : Analyse effectuée

Remarque : Le lait cru est analysé directement par un Milko-Scan FT1.

Les protocoles détaillés suivis pour chaque analyse sont donnés en annexe 1.

I.5. Analyses phyto-chimiques

I.5.1. Préparation des extraits

Deux différentes extractions ont été réalisées, l'une concerne la matrice végétale et l'autre le yaourt.

Pour la matrice végétale, 10 g de chaque échantillon (poudres de pulpe et d'écorce de *C. pepo*) ont été additionnés de 260 mL d'éthanol 70% (v/v), puis l'ensemble est introduit dans un bain ultrason pendant 55 min à température ambiante. Le mélange est filtré et les filtrats ont été ensuite récupérés dans des cristallisoirs puis laissés jusqu'à évaporation total du solvant (Noroozi et al, 2021).

Pour le yaourt, 2,5 mL d'eau distillée sont ajoutés à 10 g de yaourt. Ce mélange est agité et son pH est ajusté à 4 à l'aide d'une solution d'HCl (1N), puis incubé à 45 °C pendant 10 minutes, ensuite centrifugé (6000 tours/min pendant 20 minutes). Après centrifugation, le surnageant est récupéré et son pH est ajusté à 7 à l'aide d'une solution de NaOH (1N). Une deuxième centrifugation est réalisée (6000 tours/min pendant 20 minutes à 4 °C). Le surnageant récupéré a été conservé à 4 °C (Muniandy et al., 2016).

○ Détermination de rendement d'extraction

Le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse des extraits obtenus et la masse sèche du matériel végétal à traiter. Le pourcentage de rendement pour chaque extrait a été calculé par la formule suivante:

$$R (\%) = m / M_0 \times 100 (\%)$$

R : Rendement exprimé en %.

m: Masse en gramme de l'extrait sec résultant après évaporation de solvant (g).

M₀ : Masse sèche initiale en gramme du matériel végétal à traiter (g).

L'ensemble des tests phyto-chimiques réalisés sur les extraits obtenus sont récapitulés en annexe 2 et les protocoles expérimentaux sont décrits ci-dessous:

I.5.2. Dosage des polyphénols totaux

○ Principe

La méthode de Folin-Ciocalteu est utilisée pour le dosage des composés phénoliques totaux. L'ensemble de ces composés est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier, de couleur jaune, est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂O₄₀). La présence de carbonate de sodium rend le milieu

légèrement alcalin, le Folin- Ciocalteu réagit avec les composés phénoliques, cette réaction est basée sur l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (MO_8O_{23}) (Vermerris et Nicholson, 2006).

- **Mode opératoire**

Un volume de 250 μ L d'extrait est mélangé avec 1,25 mL du réactif de Folin-Ciocalteu. Ensuite, 1 mL de carbonate de sodium est additionné. Après 30min d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 760 nm contre un blanc.

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par 100 g d'extrait sec ou de yaourt (mg EAG/100 g) par référence à une courbe d'étalonnage (Brahmi et al., 2022).

I.5.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes contenue dans les extraits est évaluée selon la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium basée sur la formation d'un complexe jaunâtre, acide et stable, entre le chlorure d'aluminium et le groupement cétonique C4 et le groupement hydroxyle (C3 ou C5) des flavone et flavonols (Chang et al., 2002).

- **Mode opératoire**

La détermination du taux de flavonoïdes a été réalisée selon la méthode décrite par Brahmi et al. (2015). Un volume d'extrait (1 mL) est additionnée du même volume de la solution de chlorure d'aluminium à 2% (*m/v*). Après avoir bien mélangé, les tubes ont été incubés à l'obscurité pendant 15 min. Les absorbances ont été mesurées au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 430 nm.

La teneur en flavonoïdes est exprimée en mg équivalent Quercétine par 100 g d'extrait sec ou de yaourt (mg EQ/ 100 g) par référence à une courbe d'étalonnage.

I.5.4. Dosage des flavonols

- **Mode opératoire**

A 500 μ L d'extrait sont ajouté 500 μ L de chlorure d'aluminium à 2% et 750 μ L d'acétate de sodium à 5% puis le mélange est agité au vortex et incubé à l'obscurité pendant 30 min. La teneur en flavonols est déterminé en mg équivalent rutine/100 g d'extrait sec après avoir mesuré l'absorbance à 510 nm (Wang et al., 2014).

I.5.5. Dosage des caroténoïdes

- **Principe**

L'extraction se fait à froid, par différence de solubilité dans un mélange de solvants des phases non miscibles contrastées. Grâce aux interactions entre molécules polaires et entre

molécules non polaires. Les molécules peu polaires seront dissoutes dans l'éthanol et les molécules apolaires dans l'hexane (**Rodriguez-Amaya, 2001**).

- **Mode opératoire**

Un mélange (hexane : acétone : éthanol (2 :1 :1)) de 20 mL est ajouté à 2 g de poudres de pulpe ou d'écorce de *C. pepo*. Après agitation pendant 15 min, la phase supérieure est récupérée et utilisée pour le dosage des caroténoïdes totaux. La mesure de la teneur en caroténoïdes est réalisée par spectrophotométrie en mesurant l'absorbance à 420 nm (**Sass-Kiss et al., 2005**). Les résultats sont exprimés en mg équivalent β -carotène/100 g de matière sèche.

I.5.6. Dosage des tannins

- **Principe**

Le dosage est basé sur la formation du complexe tannins/protéines. Les tannins présents dans le complexe réagissent avec le chlorure ferrique (FeCl_3) en milieu alcalin (dodécylsulfate de sodium /triéthanolamine (SDS/TEA)) pour former des chélates de couleur violette qui est mesurée par spectrophotométrie à 510 nm. Le tri-éthanolamine est nécessaire pour le maintien du pH, et le dodécylsulfate de sodium (DSS) est utilisé pour dissoudre le complexe tannin-protéine (**Hagerman et Butler, 1978**).

- **Mode opératoire**

La solution de BSA (1 mL) est ajoutée à 0,5 mL d'extrait. Après agitation à l'aide d'un vortex le mélange est incubé à 4 °C pendant 24 h puis centrifugé à 14000 rpm pendant 15 min puis 2 mL de solution SDS/TEA sont ajoutés au culot, et 0,5 mL de FeCl_3 . Le mélange est ensuite agité puis incubé pendant 15 min à température ambiante. La teneur en tannins est déterminée en mg équivalent acide tannique/100 g d'extrait sec après mesure par spectrophotométrie de l'absorbance à 515 nm (**Hagerman et Butler, 1978**).

I.5.7. Evaluation de l'activité antioxydante

I.5.7.1. Pouvoir anti-radicalaire du DPPH

- **Principe**

Le test consiste à mettre le radical DPPH \cdot (2,2-diphényle-1-picrylhydrazil) (de couleur violette) en présence des molécules dites « antioxydantes » afin de mesurer leurs capacités à réduire ce radical. La forme réduite (de couleur jaune) n'absorbe plus, ce qui se traduit par une diminution de l'absorbance à cette longueur d'onde (**Haddouchi et al., 2016**).

- **Mode opératoire**

Un volume de 1 mL de chaque extrait à différentes concentrations, est mélangé avec 1 mL de l'éthanol puis 0,15 mL de DPPH sont additionnés. Les solutions sont mélangées au vortex et incubées à l'obscurité et à température ambiante pendant une heure, l'absorbance est mesurée à 517 nm. Le control est préparé dans les mêmes conditions sans extrait (**Brahmi et al., 2015**). Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du radical DPPH' comme suit :

$$\% \text{ d'inhibition (I\%)} = \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs contrôle}} * 100$$

I.5.7.2. Pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium

- **Principe**

Le test du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium est basé sur la réduction du molybdate sous la forme Mo⁶⁺ vers la forme Mo⁵⁺ par des substances présentes dans les différents extraits qui sont antioxydantes. Une coloration verte se forme en milieu acide, cela est dû au complexe phosphate-Mo⁵⁺ formé dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (**Bougatef et al., 2009**).

- **Mode opératoire**

Un volume de 0,2 mL de chaque extrait à différentes concentrations est mélangé avec 2 mL de réactif de phosphomolybdate. Un blanc est préparé en remplaçant l'extrait avec les solvants utilisés puis les solutions sont mélangées au vortex et incubé à 90°C pendant 90 min. Les absorbances ont été mesurées à 695 nm après refroidissement des tubes (**Umamaheswari et Chatterjee, 2008**).

I.6. Analyses microbiologiques

Lorsqu'un produit est destiné à la consommation humaine ou animale, le niveau de contamination de celui-ci doit être réduit le plus possible par un choix judicieux de la matière première et une surveillance constante de la fabrication. Dans le contrôle industriel, l'efficacité est surtout visée avant qu'il n'arrive sur le marché et agir immédiatement en cas de défaillance. L'objectif du contrôle microbiologique est de garantir une certaine sécurité hygiénique et un niveau de qualité organoleptique (**Manuel SOUMMAM**).

L'ensemble des analyses microbiologiques effectuées sont récapitulés dans le tableau VI et le détail de la procédure expérimentale est donné en annexe 3.

Tableau VI : Analyses microbiologiques des ingrédients du yaourt à base de *C. pepo*

Echantillons Recherches	Matière première				Produit fini
	Pulpe et écorce de courge	PDL (26%) et (0%)	sucre	Lait cru	
Germes totaux	X	X	X	X	
Coliformes totaux	X			X	X
Coliformes à 37 °C		X			
Coliforme fécaux	X			X	X
Entérobactéries				X	
Levures et moisissures	X		X	X	X
Salmonelles		X		X	
Clostridium sulfito-réducteurs		X	X		
Germes acidifiants			X		
Test de fermentation		X		X	
Recherche d'antibiotiques		X		X	

X : Analyse effectuée

I.7. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les propriétés d'un produit afin de pouvoir le décrire, de le classer ou de l'améliorer d'une façon extrêmement objective et rigoureuse (Tariket, 2016).

L'évaluation sensorielle peut être un test de préférence ou un test d'acceptabilité. Le test de préférence consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour n'en choisir qu'un ou pour les ordonner selon la préférence du sujet. Alors que le test d'acceptabilité consiste à accorder une note sur une échelle à chacun des produits de l'étude (Schlich et al., 2010).

Afin d'évaluer la qualité organoleptique des yaourts élaborés à base de poudre d'écorce et de poudre de pulpe de *C. pepo*, nous avons procédé à une analyse sensorielle. Deux types d'analyses ont été effectués pour les différents échantillons de yaourts codés selon les quantités du fruit ajoutées indiquées dans le tableau suivant :

Tableau VII : Codage des échantillons à déguster

	Code		Indication
	Analyse hédonique	Analyse sensorielle	
Yaourt à la poudre d'écorce de <i>C. pepo</i>	A	112	Yaourt brassé à 0,75% de poudre d'écorce de <i>C. pepo</i>
	B	238	Yaourt brassé à 0,25% de poudre d'écorce de <i>C. pepo</i>
	C	347	Yaourt brassé à 1% de poudre d'écorce de <i>C. pepo</i>
	D	465	Yaourt brassé à 0,5% de poudre d'écorce de <i>C. pepo</i>
	/	521	Yaourt brassé nature sucré
Yaourt à la poudre de pulpe de <i>C. pepo</i>	A	106	Yaourt brassé à 0,5% de poudre de pulpe de <i>C. pepo</i>
	B	221	Yaourt brassé à 0,75% de poudre de pulpe de <i>C. pepo</i>
	C	364	Yaourt brassé à 0,25% de poudre de pulpe de <i>C. pepo</i>
	D	479	Yaourt brassé à 1% de poudre de pulpe de <i>C. pepo</i>
	/	581	Yaourt brassé nature sucré

I.7.1. Analyse hédonique

L'analyse hédonique consiste à présenter les échantillons d'une façon monadique et le sujet doit exprimer son avis concernant leur caractère agréable sur une échelle de notation ou sur une échelle d'intervalle (Depledge et al., 2009). 120 dégustateurs (masculins, féminins) de plusieurs catégories d'âges naïfs, non entraînés sur le plan sensoriel ont participé au test de

dégustation et ont répondu sur un questionnaire présenté en notant sur une échelle de préférence de 1 à 9. Cette analyse a eu lieu au niveau de :

- L'école primaire Ouahchi Mohand Arezki, Akbou
- Lycée Debih Cherif, Akbou
- La salle dégustation de l'université A. MIRA
- La salle dégustation de la laiterie SOUMMAM

I.7.2. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été évaluée par un groupe de 10 experts, qui ont été sélectionnés d'après leurs disponibilités et volontés à participer à ces essais ainsi que pour leurs expériences dans l'évaluation sensorielle. Des critères ont été évalués selon un questionnaire présenté en notant sur une échelle d'évaluation de 1 à 5 et la préférence a été notée de 1 à 9. Ces critères incluent : la couleur, l'odeur, l'intensité de l'arôme, l'arôme identifié, la sucrosité, l'acidité, la quantité du fruit, la texture, la consistance et la préférence.

Ces deux analyses ont été réalisées tout en respectant les conditions d'analyse essentiellement: l'hygiène, l'isolement des juges (cabines de dégustation), le calme et l'anonymat des échantillons.

Les résultats des groupes sont récupérés, ensuite analysés de manière fiable grâce au logiciel **XLSTAT version 2014** qui est un logiciel d'analyse de données et de statistiques pour Microsoft Excel.

I.8. Etude statistique

L'analyse de variance dans cette étude est effectuée par le test ANOVA, ainsi des méthodes statistiques unies variées sont employées dans tous les tests. Les résultats sont ensuite suivis par le test Tukey's HSD avec un niveau de signification de 5% ($p = 0.05$), et analysés par le test de t-Student. Le logiciel utilisé est STATISTICA. 10. Les données sont représentées par leur moyenne \pm erreur standard par rapport à la moyenne. Pour toutes les méthodes, trois répétitions sont effectuées (triplicata).

II.1. Propriétés fonctionnels de la poudre

II.1.1. Solubilité et gonflement

Les résultats des tests de solubilité et de gonflement sont consignés dans la figure 2.

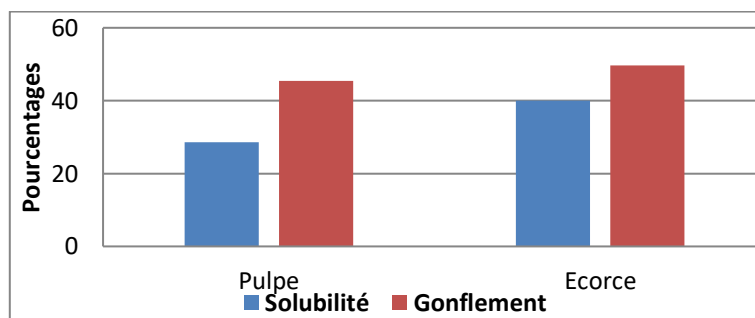


Figure 2 : Solubilité et gonflement de pulpe et d'écorce de *Cucurbita pepo*.

D'après les résultats obtenus, le paramètre de gonflement est supérieur à celui de la solubilité chez les deux poudres, et les taux de gonflement et de solubilité sont plus élevés chez l'écorce que la pulpe.

La solubilité d'une poudre est affectée par de nombreux paramètres qui peuvent soit l'augmenter, soit la réduire, comme la viscosité, la température de l'air et la taille des particules (Schuck, 2020).

II.1.2. Capacité émulsifiante

Le pouvoir émulsifiant est la capacité d'une molécule à agir comme un agent facilitant la solubilisation ou la dispersion de deux liquides non miscibles (Sánchez-Zapata et al., 2009).

Les résultats de la capacité émulsifiante des deux poudres étudiées sont illustrés dans la figure 3.

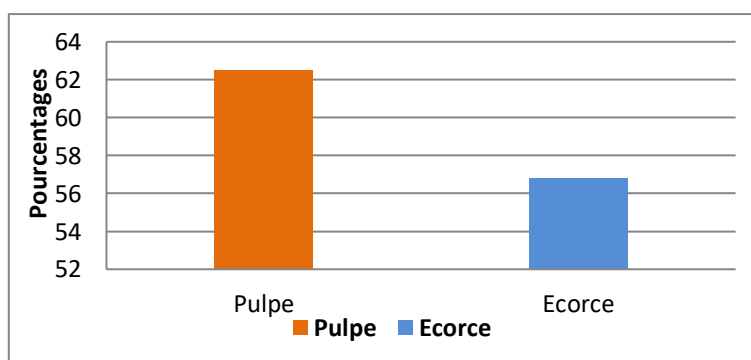


Figure 3 : Capacité émulsifiante de pulpe et d'écorce de *Cucurbita pepo*.

D'après les résultats enregistrés, la poudre de la pulpe a montré une meilleure capacité émulsifiante en comparaison à celle de l'écorce.

Généralement la capacité émulsifiante est liée à la teneur en protéines des échantillons car la plupart des protéines sont de puissants agents émulsifiants. La faible teneur en protéines

de la pulpe comparativement à l'écorce n'expliquerait sa capacité émulsifiante élevée. Elle peut donc être appropriée pour les aliments nécessitant des émulsifiants et une longue durée de conservation (Sánchez-Zapata et al., 2009).

C'est également un bon indicateur de sa capacité à adsorber les acides biliaires. Cela présente des avantages potentiels pour la santé puisque cette poudre peut adsorber les acides biliaires et augmenter l'excrétion fécale, limitant par conséquent l'absorption de ces acides dans l'intestin grêle et réduisant ainsi le taux de cholestérol sanguin. Par conséquent, l'incorporation des poudres de la pulpe et de l'écorce dans les aliments pourrait avoir un effet hypocholestérolémiant potentiel (Sánchez-Zapata et al., 2009).

II.2. Analyses physico-chimiques

II.2.1. Résultats des analyses physicochimiques des poudres de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*

Les résultats des analyses physicochimiques effectuées pour les poudres d'écorce et de pulpe de *C. pepo* sont donnés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Résultats des analyses physicochimiques des poudres d'écorce et de pulpe de *C. pepo*.

Paramètres / Matrice	pH	Acidité	TH (%)	EST (%)	Taux de cendres (%)
Ecorce	6,34	0,6	12,1	87,9	8,55
Pulpe	6,38	0,5	7,6	92,4	9,97

- ✓ D'après les résultats obtenus, la valeur du pH de la poudre d'écorce (6,38) est légèrement élevée que celle de la poudre de pulpe de *C. pepo* (6,34). Ces valeurs sont proches de la valeur rapportée par Zhou et al. (2017) du fruit de *C. pepo* (5,91).
- ✓ L'acidité de la poudre d'écorce (0,6) est légèrement élevée que celle de la poudre de pulpe de *C. pepo* (0,5). Ces valeurs sont presque le double de la valeur trouvée par Zhou et al. (2017) pour le fruit de *C. pepo* (0,32).
- ✓ Le taux d'humidité de la poudre d'écorce (12,1%) est supérieur à celui de la poudre de pulpe de *C. pepo* (7,9%). Selon Badr et al. (2014), la teneur de la poudre d'écorce de *C. pepo* en eau est de 9,76 g/100 g ; qui est une valeur proche de celle enregistrée dans cette étude, et la teneur en eau de la poudre de pulpe de *C. pepo* est de 18,03 g/100 g ; qui est par contre également très élevée que celle enregistrée dans cette étude. La teneur en eau varie selon la variété, le stade de maturation, les conditions de culture et la saison (Norfezah, 2013).
- ✓ Le taux de cendres de la poudre d'écorce (8,55%) est inférieur à celui de la poudre de pulpe de *C. pepo* (9,97%). Selon Badr et al. (2014), la teneur de la poudre d'écorce de

C. pepo en cendres est de 10,65g/100 g ; qui est une valeur proche de celle enregistrée dans cette étude, et la teneur en cendres de la poudre de pulpe de *C. pepo* est de 6,64 g/100 g ; qui est légèrement plus basse que celle trouvée dans notre étude.

II.2.2. Résultats des analyses physicochimiques du lait cru et poudres de lait

Les résultats de l'analyse du lait cru obtenus à l'aide de l'analyseur Milko-scan sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau IX : Résultats de l'analyse du lait cru par le Milko-scan.

Paramètre	Résultat	Norme
Température °C	4,1	<06°C JORA n° 69/1993
pH	6,73	6,6-6,8
Acidité °D	17	18°D max
EST (%)	12,46	12-13
Densité	1028,5	1028-1032
Test d'ébullition	Stable	Stable
Taux de MG (%)	3,54	Min 3,3 %
Taux de MP (%)	3,25	3-3,5 %

- ✓ La température mesurée de 4,1 °C est conforme à la norme exigée par JORA n° 69/1993. En effet, le lait collecté a été transporté dans des camions frigorifiques dans de bonnes conditions de température.
- ✓ Pour le pH, la valeur obtenue étant de 6,70, elle se situe dans l'intervalle cible de tolérance de l'entreprise SOUMMAM. Ce qui signifie que le lait collecté est frais. Et pour l'acidité du lait cru qui est de 17 °D, elle présente une conformité par rapport à la norme de l'entreprise
- ✓ Le taux de l'extrait sec total et la densité obtenus qui sont respectivement de 12,46 et 10.285 sont conformes aux normes de l'entreprise. Le taux de l'EST a une très grande influence sur la qualité des produits finis. En effet, **Hachana et al. (2017)** ont montré que plus la valeur de l'extrait sec est élevée plus le rendement de transformation technologique est élevé. Un lait cru ayant un EST convenable permet de produire du yaourt d'excellente qualité sensorielle.
- ✓ Le taux de matière grasse et le taux de protéines enregistrés pour notre échantillon répondent aux exigences de l'entreprise. La matière grasse et la matière protéique du lait ne sont pas constantes, elles varient selon l'alimentation et l'espèce animale, les conditions climatiques et le stade de lactation (**Labioui et al., 2009**). De ce fait le lait collecté est de bonne qualité.

- ✓ Le lait cru analysé est stable comme le montre le test d'ébullition ce qui permet d'anticiper le comportement du lait à la stérilisation.

Les résultats des analyses réalisés pour les poudres de lait (0%) et (26%) sont montrés dans le tableau X.

Tableau X : Résultats des analyses des PDL 0% et 26%.

Paramètre	Résultat		Norme
	PDL (0%)	PDL (26%)	
pH	6,51	6,55	6,5-6,7
Acidité °D	17	16,8	12-17 °D
Taux d'humidité (%)	3,70	2,36	<5%
ρ (g/mL)	0,60	0,69	0,55-0,80
Taux de MG (%)	0	27,2	26% min
Extrait sec total (%)	96,3	97,64	-

- ✓ L'acidité est considérée comme un paramètre de fraîcheur. D'après les résultats obtenus, les pH des poudres de lait 0% et 26% qui sont de 6,51 et 6,55 et leurs acidités de 17 °D et 16.8 °D, respectivement sont conformes aux normes internes de l'entreprise. Ce qui confirme les bonnes conditions de conservation des poudres et que le lait cru utiliser pour la fabrication de celles-ci était frais.
- ✓ Les taux d'humidité obtenus sont inférieurs à 5%, ce qui signifie que les poudres de lait sont conformes à la norme de la laiterie Soummam, ce qui confirme aussi qu'elles ont été conservées et transportées dans de bonnes conditions à l'abri de l'humidité.
- ✓ Les masses volumiques obtenues sont de 0,6 g/mL et 0,69 g/mL pour la 0% et la 26%, respectivement. Selon la norme interne de l'entreprise, cette valeur est dans l'intervalle exigé.
- ✓ Le taux de matière grasse mesuré dans la poudre de lait 26% (27,5%) est supérieur à la norme exigée. Ce qui veut dire que cette poudre a été issue d'un lait partiellement écrémé.

II.2.3. Résultats des analyses physicochimiques de l'eau de process

Les résultats de l'analyse physicochimique de l'eau de process sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XI : Résultats de l'analyse physicochimique de l'eau de process.

Paramètre	Résultat	Norme de l'entreprise
pH	7,13	6,5- 7,5
TH (°F)	10	8- 10
Dosage Cl ⁻ (mg/L)	55	<80
Dosage Cl ₂ (mg/L)	0,16	<0,3
Conductivité (µS/cm)	400	<500

Les résultats obtenus pour l'eau de process analysée sont en conformité avec les normes internes de l'entreprise, ce qui suggère l'efficacité des traitements des eaux au niveau de la laiterie SOUMMAM.

II.2.4. Résultats des analyses physico-chimiques des yaourts élaborés

Les analyses physico-chimiques du yaourt élaboré à la pulpe et l'écorce de *C. pepo*, durant la conservation à 4 °C, ont donné les résultats représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau XII : Résultats de l'analyse physicochimique du produit fini.

Paramètres	Résultats								Normes de l'entreprise
	YP				YE				
	0,25	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,75	1	
pH	4,43	4,24	4,19	4,18	4,26	4,23	4,16	4,1	4,1-4,6
Acidité (°D)	82	83	84	85	79	81	83	84	70-85
Taux de Brix (%)	19	19,3	19,7	20,5	19,2	19,5	20	20,7	19-21
EST (%)	23,52	23,65	23,67	24,06	23,14	23,24	24,22	24,23	23-24,3
Taux de MG (%)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6-2,8
Taux de cendres (%)	5,52	5,54	5,57	5,61	4,56	4,62	4,66	4,67	/

- ✓ Les résultats de la mesure du pH et de l'acidité des yaourts à la pulpe et l'écorce ont montré que le pH diminue et l'acidité augmente avec la concentration et que pour les deux paramètres les valeurs sont légèrement plus élevées pour les yaourts à la pulpe que celle des yaourts à l'écorce. D'autre part, les valeurs obtenues se situent dans l'intervalle de tolérance de l'entreprise ce qui signifie que les yaourts ont été élaborés en respectant le taux d'ensemencement des levains et la durée de la fermentation.
- ✓ Les valeurs du taux de Brix pour les deux types de yaourts sont proportionnelles à la concentration et sont légèrement plus élevées chez les yaourts à base d'écorce qu'à la pulpe ce qui s'explique par une fraction plus élevée de saccharose dans les yaourts d'écorce. Par ailleurs, les valeurs enregistrées entrent dans l'intervalle de la norme fixée par l'entreprise.
- ✓ Les extraits secs totaux des yaourts à la pulpe et à l'écorce augmentent avec les concentrations ce qui est due à la fraction des solides contenant les différents éléments responsables à la fois des propriétés fonctionnelles et nutritionnelles des produits enrichis. D'une manière générale, les valeurs sont conformes aux normes internes de l'entreprise.
- ✓ Le taux de matière grasse est constant pour tous les yaourts (2,8%), cette valeur se situe dans l'intervalle imposé par la laiterie Soummam qui est compris entre 2,6-2,8%. Ce qui s'explique par la très faible teneur en matière grasse de *Cucurbita pepo* et aussi selon **Ihemeje et al. (2015)**, la teneur en matière grasse dans les yaourts dépend de la

matière grasse du lait utilisé lors de la standardisation du yaourt. Par conséquent, la matière première utilisée a une teneur de matière grasse acceptable.

II.3. Analyses microbiologiques

II.3.1. Matières premières

Les résultats de l'analyse microbiologique de *C. pepo* sont présentés dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Résultats de l'analyse microbiologique de *C. pepo*.

Germes recherchés	Lecture UFC/mL	Norme
Germes totaux	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs
Levures et moisissures	Abs	Abs

Abs : absence

D'après les résultats illustrés dans le tableau, nous constatons l'absence des coliformes totaux, fécaux, levures et moisissures, ce qui est en accord avec les normes en vigueur. Ces résultats reflètent les bonnes conditions d'hygiène.

Les résultats obtenus pour l'analyse microbiologique des matières premières (lait cru, PDL 0% et 26%, sucre) sont insérés dans le tableau ci-dessous.

Tableau XIV : Résultats de l'analyse microbiologique des matières premières (lait cru, PDL 0% et 26%, sucre).

Recherche	Résultat et norme							
	Lait cru		PDL (0%)		PDL (26%)		Sucre	
	Résultat	Norme	Résultat	Norme	Résultat	Norme	Résultat	Norme
Germes totaux	Abs	3.10 ⁵	Abs	2.10 ⁵	Abs	2.10 ⁵	Abs	20
Coliformes totaux	Abs	5.10 ³	-		-		-	
Coliformes à 37 °C	-		Abs	10	Abs	10	-	
Coliformes fécaux	Abs	5.10 ³	-		-		-	
Entérobactéries	Abs	Abs	-		-		-	
Levures et moisissures	Abs	Abs	-		-		Abs	01
Salmonelles	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	-	
CSR	-		Abs	10	Abs	10	Abs	01
Germes acidifiants	-		-		-		02	05
Test de fermentation	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	Positif	-	
Recherche d'antibiotiques	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	-	

Abs : absence

- ✓ Selon les résultats présentés dans le tableau, nous remarquons l'absence totale des germes pathogènes recherchés, ce qui explique la bonne qualité microbiologique et hygiénique des poudres de lait.

- ✓ Le test de fermentation a montré un résultat positif donc la fermentation a été effectuée et le lait reconstitué ensemencé a coagulé, ce qui est conforme à la norme de l'entreprise, indiquant ainsi que les poudres de lait utilisées ont été issue d'un lait exempt d'antibiotique inhibiteur de l'activité des ferments lactiques.
- ✓ La recherche de résidus de substances inhibitrices permet de s'assurer que le lait est exempt de tout résidu médicamenteux (**Renard, 2014**). Le test d'antibiotique (Béta-star) été négatif répondant ainsi aux exigences de JORA (1998), cela indique que le lait collecté a été produit par des vaches qui n'ont pas subi un traitement antibiotique. De ce fait, le lait collecté est de bonne qualité.

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau XV : Résultats de l'analyse microbiologie de produit fini.

Recherche	Résultat	Normes de l'entreprise
Coliformes fécaux	Abs	10
Coliformes totaux	Abs	1
Levures	Abs	<10
Moisissures	Abs	Abs

Abs : absence

Les analyses microbiologiques réalisées sur le produit fini du J+1 montrent une absence totale des coliformes totaux, fécaux ainsi que les levures et moisissures qui sont des germes de contamination courants dans les industries laitières. Cela signifie que le produit élaboré est sain et ne présente aucun risque pour le consommateur.

II.4. Dosage des protéines

II.4.1. Concentrations en protéines des poudres de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*

Les teneurs en protéines des poudres de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* sont consignées dans la figure 4.

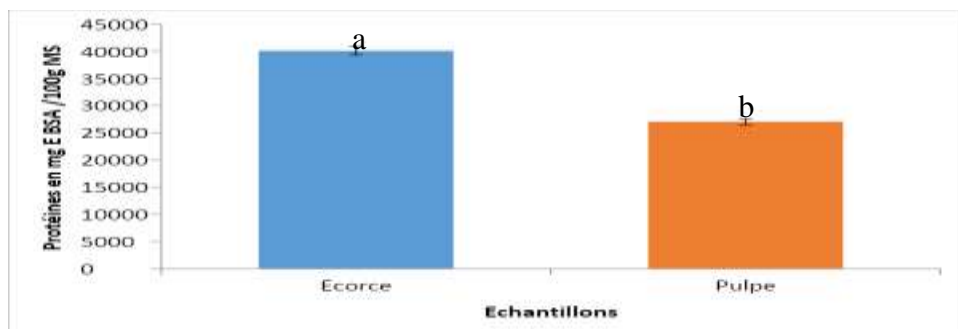


Figure 4 : Teneurs moyennes en protéines de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en concentrations en protéines affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après les résultats obtenus, l'extrait d'écorce est plus riche en protéines, avec une différence significative à $p \leq 0,05$, ($40096,16 \pm 788,69$ mg /100 g) que l'extrait de pulpe ($27048,71 \pm 583,52$ mg /100 g) de *C. pepo*. Selon **Badr et al. (2011)**, les teneurs des extraits de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* en protéines sont respectivement de 23,95 g/100 g de MS et de 15,5 g/100 g de MS qui sont presque la moitié de celles trouvées dans cette présente étude, et selon **Achilonu et al. (2018)**, la teneur de l'extrait de la pulpe en protéines est de 20,8 g/100g MS qui est légèrement plus basse que celle trouvée dans notre étude. Par ailleurs, la teneur pour l'extrait de l'écorce de *C. pepo* ($32,5$ g/100 g) est très élevée comparé à la valeur que nous avons enregistré.

Idouraine et al. (1996) suggèrent que les différences observées ont très probablement été causées par une variation génétique. Cependant, des facteurs environnementaux tels que l'endroit où les fruits ont poussé, et des conditions de fertilisation, pourraient avoir joué un rôle mineur dans les différences.

II.4.2. Concentrations en protéines des yaourts élaborés

Les quantités en protéines des yaourts préparés à base de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* sont données dans la figure 5.

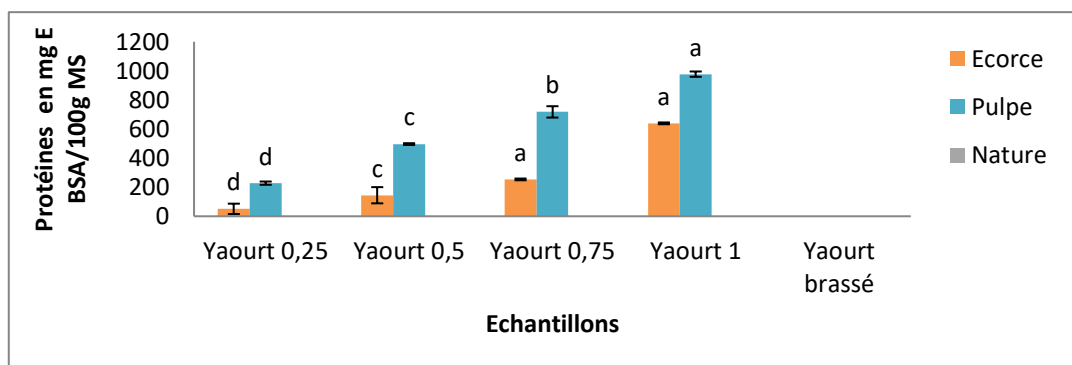


Figure 5 : Teneurs moyennes en protéines des différents yaourts formulés

Les moyennes en concentrations en protéines affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après l'histogramme ci-dessus, nous notons que l'extrait de yaourt brassé non enrichi à la courge a une faible teneur en protéines ($3,8 \pm 0,12$ mg EBSA/100 g de yaourt). En parallèle, pour chaque concentration de *C. pepo* dans le yaourt ; les extraits de yaourt à la pulpe marquent toujours des valeurs supérieures de presque le quart que celles des extraits de yaourt à l'écorce en protéines, et à chaque fois que la concentration en *C. pepo* augmente ; que ce soit pour la pulpe ou l'écorce ; dans le yaourt, les valeurs en protéines s'accroissent

aussi. Ainsi, les valeurs les plus faibles sont attribuées aux yaourts enrichis avec 0,25% de poudres de la pulpe et de l'écorce qui correspondent respectivement à $227,715 \pm 11,22$ mg/100 g et à $51,21 \pm 35,44$ mg/100 g, et les valeurs les plus élevées correspondent à celles des yaourts enrichis avec 1% de poudre (yaourt à la pulpe : $977,245 \pm 18,26$ mg/100 g ; yaourt à l'écorce : $638,993 \pm 6,08$ mg/100 g).

II.5. Dosages phyto-chimiques

II.5.1. Rendement d'extraction

La sélection du solvant, sa concentration, le rapport biomasse/solvant et le temps de sonication est une étape importante pour obtenir des extraits avec des rendements acceptables et une forte activité antioxydante (Noroozi et al., 2021). Les rendements de l'extraction assistée par ultra-sons d'écorce et de pulpe de *C.pepo* avec de l'éthanol 70% (v/v) sont de 20.8% pour l'écorce et 34.9% pour la pulpe

II.5.2. Teneurs en polyphénols totaux

Les concentrations en polyphénols totaux (PPT) des deux parties (écorce et pulpe) de *C. pepo* sont illustrées dans la figure 6.

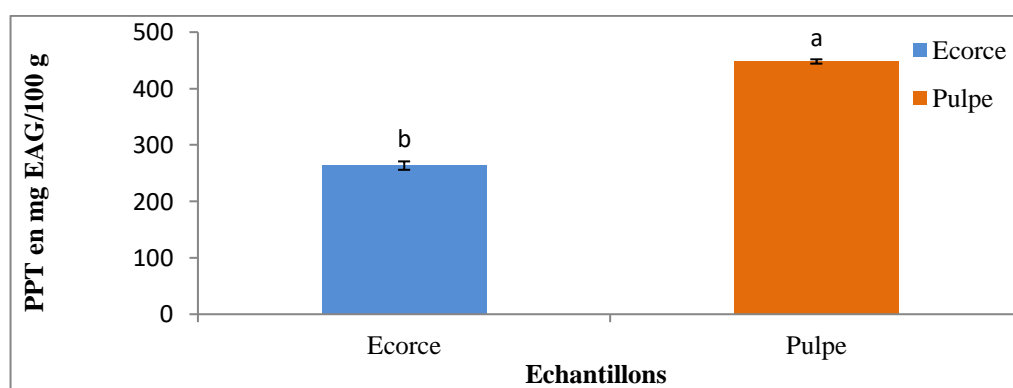


Figure 6 : Teneurs moyenne en polyphénols totaux de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en concentrations en PPT affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après les résultats obtenus, l'extrait de pulpe est plus riche en PPT ($448 \pm 3,67$ mg /100 g MS) que l'extrait d'écorce ($263,5 \pm 7,46$ mg /100g MS) de *C. pepo* avec une différence significative à $p \leq 0,05$. Saavedra et al. (2015) ont trouvé que la teneur de l'extrait éthanolique 70% de la pulpe de *C. pepo* en PPT est de 833 mg/100 g MS ; qui est presque la moitié de celle trouvée dans cette présente étude, alors que celle de l'extrait d'écorce rentre la gamme donné par ces auteurs (de 162 à 899 mg/ 100 g MS).

D'autre part, **Dini et al. (2003)** ont révélé une valeur en PPT de l'extrait de la pulpe de $472,6 \pm 1,2$ mg/100 g MS ; qui est comparable à celle trouvée dans notre étude. Par ailleurs, la teneur trouvée par **Nyam et al. (2013)** pour l'extrait de l'écorce de *C. pepo* (38,60 mg/100 g MS) est très faible comparé à la valeur que nous avons enregistré.

Cette différence dans les résultats d'une étude à une autre est probablement liée à certains facteurs tels que : la variété, le stade de maturation, la géographie, le climat, la récolte et post récolte, ainsi qu'à l'analyse elle-même (**Provesi et al., 2011**). La méthode et notamment le solvant d'extraction ont également un impact considérable sur les teneurs en PPT et ce sont les solvants mixtes qui possèdent des teneurs élevées en composés phénoliques, ceci indépendamment du solvant utilisé (**Bourgou et al., 2016**). Parmi ces solvant, l'éthanol est peu toxique et donne de meilleures concentrations en PPT chez *C. pepo* (**Saavedra et al., 2015**). Cela est probablement responsable de considérables teneurs trouvées dans cette étude où nous avons opté pour l'éthanol 70% comme solvant d'extraction.

Les teneurs en PPT des yaourts formulés avec différentes concentrations de poudres d'écorce et de pulpe de *C. pepo* sont également déterminées et renseignées dans la figure 7.

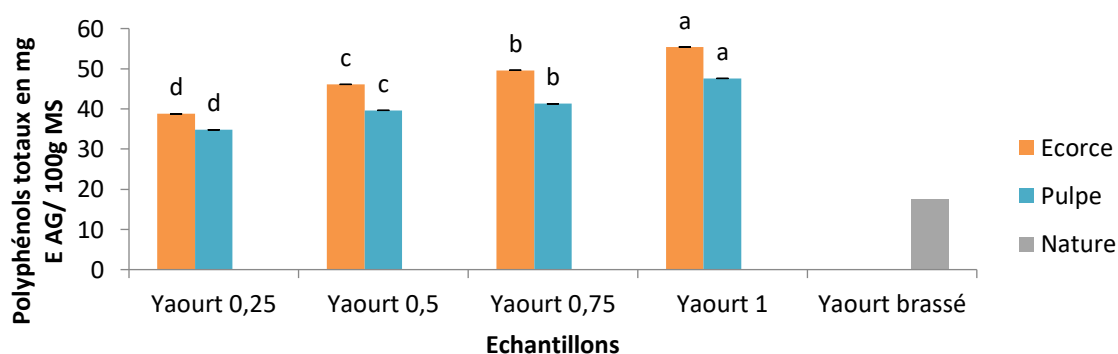


Figure 7 : Teneurs moyennes en polyphénols totaux des différents yaourts formulés.

Les moyennes en concentrations en PPT affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après l'histogramme ci-dessus, nous remarquons que l'extrait de yaourt brassé non enrichi avec *C. pepo* possède la teneur la plus faible ($17,6 \pm 0,88$ mg/100 g de yaourt) avec une différence significative à $p \leq 0,05$. En parallèle, quel que soit la de concentration de *C. pepo* incorporée dans les yaourts; ceux enrichis par l'écorce renferment des concentrations supérieures en PPT comparativement à ceux enrichis par la pulpe. En outres, les teneurs en PPT des extraits des yaourts préparés avec l'écorce ou la pulpe s'accroît avec l'augmentation des quantités rajoutées. Ainsi, les valeurs les plus faibles sont attribuées aux yaourts enrichis

avec 0,25% de poudre qui correspondent à $38,74 \pm 0,82$ mg /100 g de yaourt pour l'extrait de yaourt à l'écorce, et $34,8 \pm 1,56$ mg /100 g de yaourt pour l'extrait de yaourt à la pulpe, et les valeurs les plus élevées correspondent à celles des extraits de yaourts enrichis avec 1% de poudre de courge qui correspondent à $55,42 \pm 0,92$ mg/100 g yaourt pour l'extrait de yaourt à l'écorce, et $47,59 \pm 1,19$ mg/100g pour l'extrait de yaourt à la pulpe. Par contre, les extraits des yaourts fortifiés avec 0,5% contiennent $46,1 \pm 1,09$ mg/100g et $39,64 \pm 0,28$ mg/100g pour ceux préparés à base d'écorce et de pulpe, respectivement. Quant à ceux qui renferment 0,75%, les teneurs sont de $49,62 \pm 0,79$ mg/100 g et $41,27 \pm 0,82$ mg/100 g pour les extraits des yaourts préparés à base d'écorce et de pulpe, respectivement.

Les résultats enregistrés dans ce travail concordent avec ceux révélés par plusieurs études où résulte l'augmentation des concentrations en PPT après l'ajout de produits naturels aux yaourts. D'ailleurs, **Barakat et Hassan (2017)** ont formulé un yaourt brassé à la pulpe de trois variétés de citrouilles différentes (citrouilles américaine, domestique et indienne) à 15 % et ils ont noté que la teneur en PPT a augmenté d'une manière significative.

II.5.4. Teneurs en flavonoïdes

La figure 8 montre les concentrations en flavonoïdes trouvées dans les extraits éthanolique à 70% de l'écorce et la pulpe de *C. pepo*.

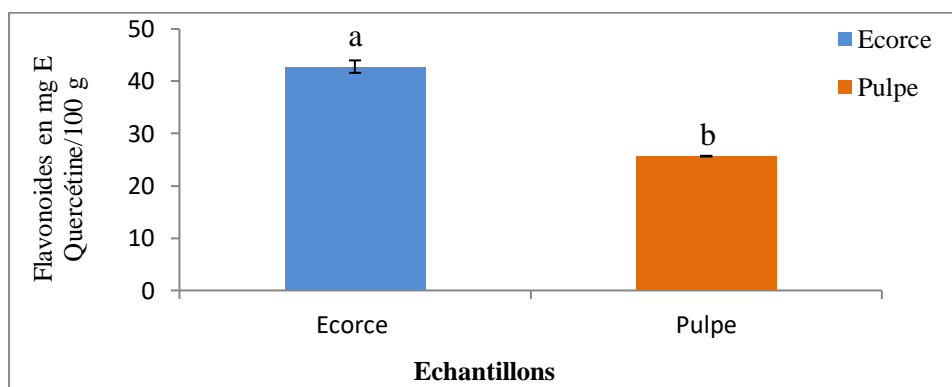


Figure 8 : Teneurs moyennes en flavonoïdes de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en concentrations en FT affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après les résultats obtenus lors de notre analyse, l'extrait de pulpe est plus riche en flavonoïdes ($42,76 \pm 1,95$ mg/100 g), avec une différence significative à $p \leq 0,05$, que l'extrait d'écorce ($25,68 \pm 0,07$ mg/100 g) de *C. pepo*. Selon **Adelerin et al. (2022)**, la teneur de l'extrait de la pulpe de *C. pepo* en flavonoïdes totaux est de 27,10 mg /100 g ; qui est une valeur proche de celle trouvée dans cette présente étude. Par contre, **Srividhya et al. (2019)** ont enregistré une valeur très grande en flavonoïdes totaux pour l'extrait du fruit de *C. pepo*

(2603 mg/100 g); ce qui prouve que la citrouille est une source très riche en flavonoïdes mais qui ne s'accorde pas avec nos résultats.

Aucune information n'a été trouver dans la littérature concernant l'incorporation de la poudre d'écorce dans le yaourt.

Les teneurs en flavonoïdes totaux (FT) des yaourts enrichis ont été également mesurées et les résultats sont illustrés dans la figure 9.

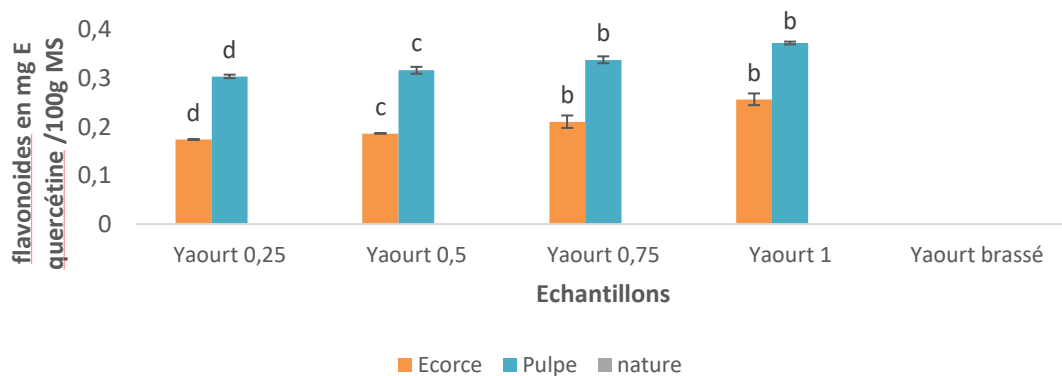


Figure 9 : Teneurs moyennes en flavonoïdes des différents yaourts formulés.

Les moyennes en concentrations en flavonoïdes totaux affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après l'histogramme ci-dessus, nous constatons que le yaourt brassé non enrichi est dépourvu de flavonoïdes. En parallèle, les extraits des yaourts préparés à différentes concentrations de pulpe de *C. pepo* détiennent les meilleures quantités en FT que ceux des extraits des yaourts à base de l'écorce. De plus, il est bien clair qu'il existe une relation proportionnelle entre les valeurs calculées et les concentrations croissantes utilisées pour la fortification. Ainsi, la valeur la plus faible en FT est assignée aux extraits de yaourts enrichis avec 0,25% de poudre (0,303 mg /100 g de yaourt pour le yaourt à la pulpe et 0,173 ± 0,003 mg/100 g de yaourt pour le yaourt à l'écorce). Tandis que, les valeurs les plus élevées correspondent à celles des extraits de yaourts enrichis avec 1% de poudre de *C. pepo* (0,371 ± 0,012 mg /100 g pour l'extrait de yaourt à la pulpe, et 0,256 ± 0,0035 mg /100 g pour l'extrait de yaourt à l'écorce). Les yaourts additionnés de 0,5% ont enregistré des teneurs intermédiaires qui sont de 0,180 ± 0,007 mg/100g (yaourt à l'écorce) et 0,310 ± 0,006 mg/100 g (yaourt à la pulpe) et de même pour ceux contenant 0,75% (yaourt à l'écorce : 0,210 ± 0,007 mg/100 g; yaourt à la pulpe : 0,340 ± 0,012 mg/100 g).

Il est à souligner que les yaourts enrichis avec la poudre de *C. pepo* ont une faible teneur en flavonoïdes totaux, surtout ceux enrichis avec de faibles concentrations d'écorce. Dans ce contexte, **Barakat et Hassan (2017)** ont trouvé que le contenu en FT des yaourts préparés avec de différentes variétés de citrouille est faible et varie de 2,10 à 2,31 mg QE/100 g. Cependant, la différence trouvée comparativement aux résultats de cette étude est probablement due à la proportion importante (15%) de la pulpe rajoutée.

II.5.4. Teneurs en flavonols

Les flavonols qui sont une classe importante de flavonoïdes sont également quantifiés dans les extraits d'écorce et de pulpe de *C. pepo* et les résultats sont consignés dans la figure 10.

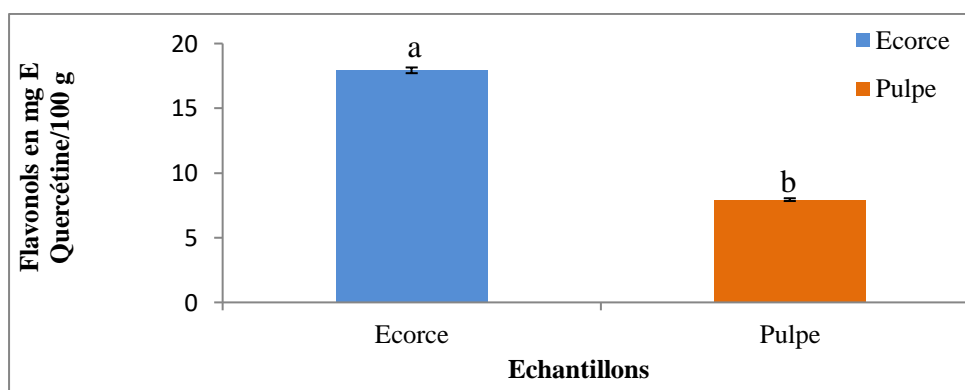


Figure 10 : Teneurs moyennes en flavonols de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en concentrations en flavonols affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après les résultats obtenus, l'extrait d'écorce est plus riche en flavonols ($17,93 \pm 0,22$ mg/100 g), avec une différence significative à $p \leq 0,05$, que l'extrait de pulpe ($7,97 \pm 0,10$ mg /100 g) de *C. pepo*. Selon **Ismat et al. (2009)**, l'extrait méthanolique de l'écorce contient une quantité faible en flavonols (40,89 mg/kg).

L'absence de résultats dans la littérature pour l'extrait de pulpe nous ont conduit à une incapacité de comparer nos résultats.

Après l'addition de différentes proportions de la poudre de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* aux yaourts, les concentrations en flavonols dans leurs extraits ont été mesurées et rapportées dans la figure 11.

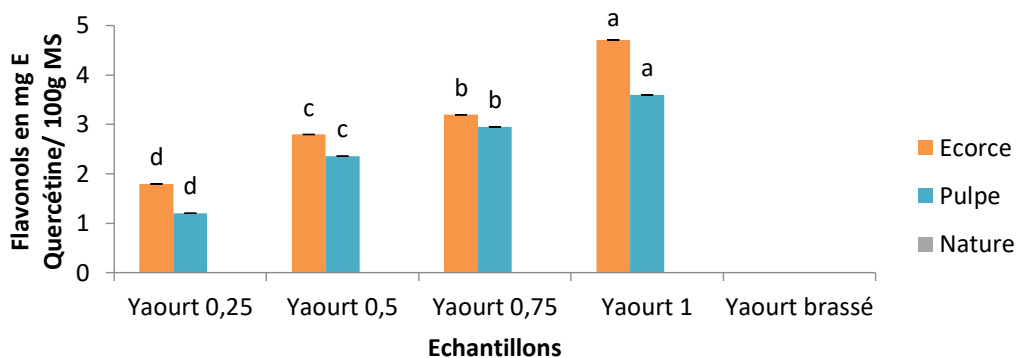


Figure 11 : Teneurs moyennes en flavonols des différents yaourts formulés.

Les moyennes en concentrations en flavonols affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après l'histogramme ci-dessus, nous constatons que l'extrait de yaourt brassé non enrichi avec *C. pepo* est dépourvu de flavonols. En parallèle, pour chaque concentration de *C. pepo* dans le yaourt ; les extraits de yaourt à la pulpe marquent toujours des valeurs en flavonols inférieures de peu à celles des extraits de yaourt à l'écorce, et à chaque fois que la concentration en *C. pepo* augmente ; que ce soit pour la pulpe ou l'écorce ; dans le yaourt, les valeurs en flavonols augmentent également. Ainsi, les valeurs les plus faibles sont données par les extraits de yaourts enrichis avec 0,25% de poudres de la pulpe et de l'écorce qui correspondent respectivement à $1,20 \pm 0,03$ mg/100 g et $1,795 \pm 0,007$ mg/100 g, et les valeurs les plus élevées sont données par les extraits des yaourts enrichis avec 1% de poudre qui correspondent à $3,595 \pm 0,007$ mg/100 g pour le yaourt à la pulpe et $4,71 \pm 0,09$ mg/100 g pour le yaourt à l'écorce.

Barakat et Hassan (2017) ont indiqué que l'incorporation de la pulpe de citrouille dans le yaourt a entraîné une augmentation de la teneur en flavonols. Toutefois, le contenu enregistré dans leur étude (0,49 à 0,75 mg EQ/100 g) est inférieur à celui trouvé dans ce travail. Cela peut être justifié par la richesse de notre matrice végétale en flavonols par rapport à celle utilisée dans cette étude due à certains facteurs tels que : la variété, le stade de maturation, la géographie, le climat, la récolte et post récolte, ainsi qu'à l'analyse elle-même (**Provesi et al., 2011**)

II.5.5. Teneurs en tannins totaux

Les concentrations en tannins déterminées dans les extraits de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo* sont rapportées dans la figure 12.

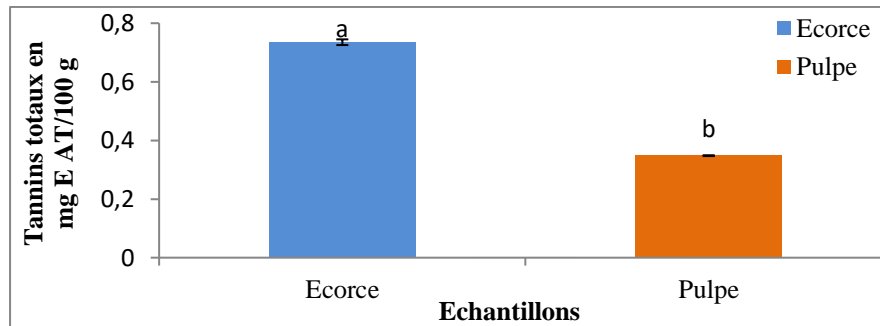


Figure 12 : Teneurs moyennes en tannins de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en concentrations en tannins affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après les résultats obtenus, les quantités en tannins sont très faibles mais l'extrait de pulpe est plus riche ($0,73 \pm 0,001$ mg/100 g), avec une différence significative à $p \leq 0,05$ que l'extrait d'écorce ($0,35 \pm 0,0014$ mg /100 g) de *C. pepo*. Selon **Obiakor-Okeke (2014)**, la teneur de l'extrait de pulpe de *C. pepo* en tannins totaux est de $0,76 \pm 0,01$ mg /100 g ; qui est une valeur presque identique à celle enregistrée dans cette étude, et selon **Adebayo et al. (2013)**, la teneur de l'extrait de la pulpe de *C. pepo* en tannins totaux est de $0,358 \pm 0,100$ mg/100 g) ; qui est par contre également le double de celle de l'extrait étudié dans ce travail, D'après **Lewis et Theodore (1996)**, un niveau de tannins très faible dans un échantillon, peut limiter l'absorption des nutriments essentiels, à savoir le fer et les protéines.

Concernant les yaourts enrichis, nous avons noté l'absence des tannins dans leurs extraits.

II.5.6. Teneurs en caroténoïdes

Vu la richesse des cucurbitacées en caroténoïdes leur concentration est également déterminée dans l'écorce et la pulpe de *C. pepo* étudiée et les valeurs sont illustrées dans la figure 13.

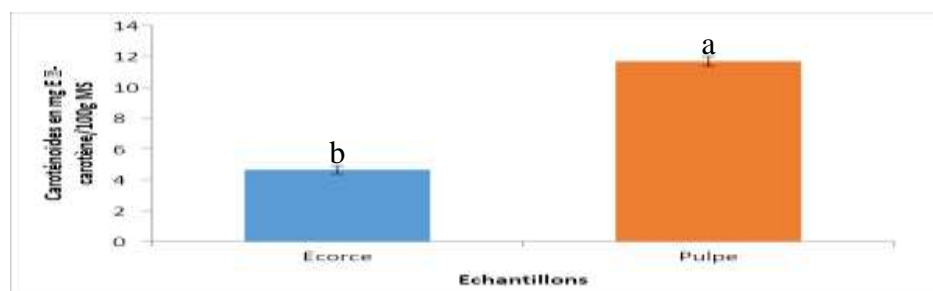


Figure 13 : Teneur moyenne en caroténoïdes de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en concentrations en tannins affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après les résultats obtenus, l'extrait de pulpe de *C. pepo* est plus riche en caroténoïdes ($11,67 \pm 0,31$ mg/100 g) que l'extrait d'écorce ($4,65 \pm 0,26$ mg/100 g), avec une différence significative à $p \leq 0,05$. Selon **Johnson et al. (2013)**, l'extrait d'écorce contient ($41,20 \pm 0,17$ µg/100 g) et l'extrait de pulpe ($141,36 \pm 0,17$ µg/100g) ; qui sont des valeurs très petites par rapport aux résultats de cette étude. De même, selon **Muntean et al. (2003)**, l'extrait de pulpe de *C. pepo* contient une teneur faible en caroténoïdes (1,117 mg/100 g), mais la valeur trouvée pour l'extrait d'écorce (3,62 mg /100 g) est comparable à celle déterminée dans ce présent travail.

D'après **Rodriguez-Amaya (2001)** et **Zdunic et al. (2016)**, la composition des aliments en caroténoïdes est influencée par plusieurs facteurs tels que le cultivar ou variété; la partie de la plante consommée; le stade de maturation; les conditions climatiques ou géographiques; le site de production; la récolte et manipulation après la récolte; le traitement et le stockage.

Il est à signaler que le dosage des caroténoïdes a été effectué mais ils n'ont pas été détectés dans les différents extraits des yaourts. En revanche, **Barakat et Hassan (2017)** ont quantifié les caroténoïdes dont les teneurs ne sont pas considérables ($0,46 \pm 0,02$ à $0,80 \pm 0,01$ mg/100 g) dans les yaourts préparés avec 15% de la pulpe de plusieurs variétés de citrouille. Cela pourrait être expliqué par la proportion importante de la pulpe incorporée au yaourt par ces auteurs.

II.5.7. Activités antioxydante

II.5.7.1. Pouvoir anti-radicalaire au DPPH

L'activité scavenger des extraits est exprimée en IC_{50} , ce paramètre a été employé par plusieurs groupes de chercheurs pour présenter leurs résultats, il définit la concentration efficace du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du radical DPPH'. Les valeurs d' IC_{50} d'extraits d'écorce et de pulpe de *C. pepo* sont rapportées dans la figure 15. Ces IC_{50} sont déterminées à partir des courbes de régression linéaire (Annexe 5), plus la valeur de l' IC_{50} est petite plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant (**Harrar, 2012**).

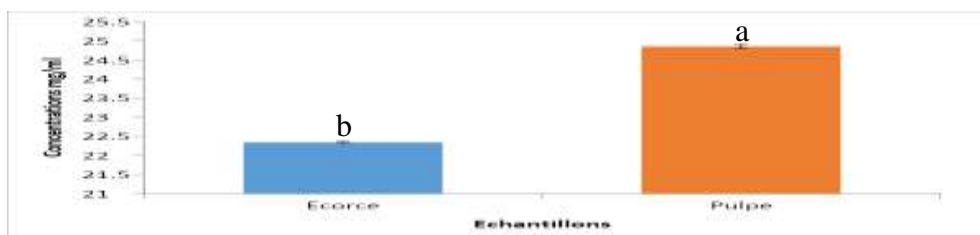


Figure 14 : IC_{50} de l'activité antiradicalaire de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en IC_{50} affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

Le test au DPPH^{*} a été largement utilisé comme un paramètre rapide, fiable et reproductible pour la recherche de l'activité antioxydante des extraits de plantes (Aliyu et al., 2012). La présence des groupements hydroxyles est importante, les composés qui contiennent ce type de groupements fonctionnels vont pouvoir inhiber le DPPH^{*} (Grigora, 2012). L'IC₅₀ de l'extrait de la pulpe (24,85 ± 0,06 mg/mL) est supérieure à celle de l'écorce (22,34 ± 0,03 mg/mL). Par conséquent, la pulpe a une activité anti-radicalaire plus basse que l'écorce de *C. pepo*.

L'étude réalisée par Nansikombi et al. (2020) sur l'extrait de la pulpe de *C. pepo* a révélée une IC₅₀ de 18,71 mg/mL qui est inférieure à celle trouvée dans cette étude. Selon l'étude réalisée par Mongkolsilp et al. (2004) sur l'extrait de fruit de *C. pepo*, la valeur d'IC₅₀ est de 23,12 mg/mL, cela prouve que *C. pepo* est une source riche en antioxydants.

C. pepo a la capacité de piégeage du radical DPPH^{*} en raison notamment de la présence des flavonoïdes glycosylés et de d'autres phénylpropanoïdes qui sont connus comme donneurs d'hydrogène et de piègeurs de radicaux libres (Abdulrhem, 2011).

L'effet anti-DPPH des yaourts additionnés de poudre de *C. pepo* a été également évalué mais les résultats sont exprimées en pourcentage d'inhibition (Figure 16) car les concentrations qui permettent d'inhiber 50% du radical DPPH^{*} ne sont pas atteintes.

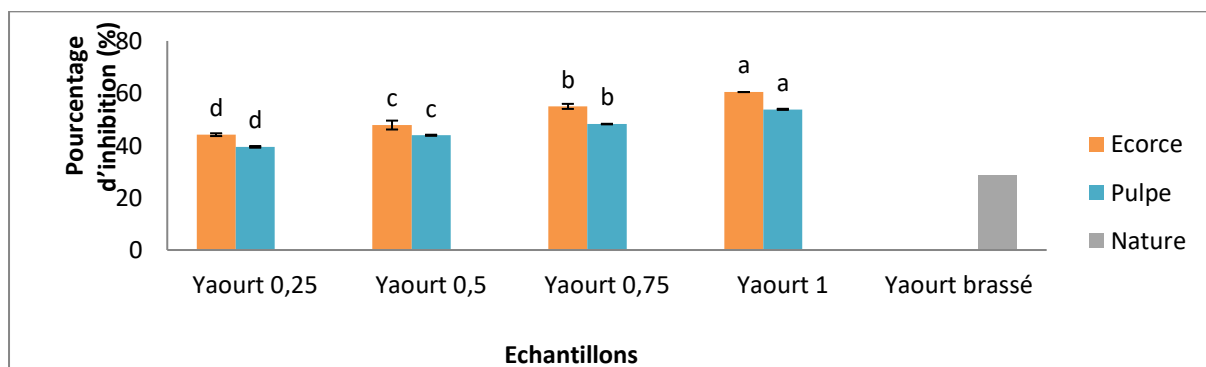


Figure 15 : Pourcentage d'inhibition de l'activité antiradicalaire des différents yaourts formulés.

Les moyennes en pourcentages d'inhibition affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après l'histogramme ci-dessus, l'extrait de yaourt brassé non enrichie avec *C. pepo* a le plus faible pourcentage d'inhibition du radical DPPH (28,7 ± 0,27%). En parallèle, pour chaque proportion de *C. pepo* dans le yaourt ; les valeurs des pourcentages d'inhibition des extraits des yaourts à base de la pulpe sont toujours inférieures à celles des extraits de yaourts à base de l'écorce, et à chaque fois que la concentration en *C. pepo* (pulpe et écorce) augmente ; dans le yaourt, les pourcentages d'inhibition augmentent aussi. Ainsi, les valeurs les plus faibles sont attribuées aux extraits des yaourts enrichis avec 0,25% des poudres de la

pulpe et de l'écorce qui sont respectivement de $39,48 \pm 0,32\%$ et $44,14 \pm 0,53\%$, et les valeurs les plus élevées correspondent à celles des extraits de yaourts enrichis avec 1% de poudre qui sont de $53,83 \pm 0,21\%$ pour l'extrait du yaourt à la pulpe et $60,45\%$ pour celui à l'écorce. Par conséquent, il est à déduire que l'incorporation des poudres de *C. pepo* modifie le pourcentage d'inhibition de DPPH* des yaourts enrichis qui est exprimé par une augmentation progressive d'activités. Cette constatation a été également révélée par **Barakat et Hassan (2017)** qui ont trouvé que la capacité antioxydante au DPPH du yaourt fortifié par 15% de pulpe de citrouille suivi pendant 14 jours de stockage avait une meilleure activité antioxydante que le contrôle et que cette activité a augmenté dans les yaourts enrichis d'une manière significative ($P < 0,05$) même pendant la période de stockage. D'après ces chercheurs, l'activité antioxydante élevée du yaourt à la citrouille pourrait résulter de la teneur en composés phytochimiques de la citrouille et de l'activité du métabolisme microbien libérant certains composants bioactifs liés.

II.7.2. Activité antioxydante totale

L'activité antioxydante totale par le test au phosphomolybdate a été également déterminée et les résultats sont exprimés en IC_{50} (Figure 17), qui définit la concentration efficace du substrat qui correspond à l'absorbance de 0,5. Ces IC_{50} sont déterminées à partir des courbes de régression linéaire (Annexe 5).

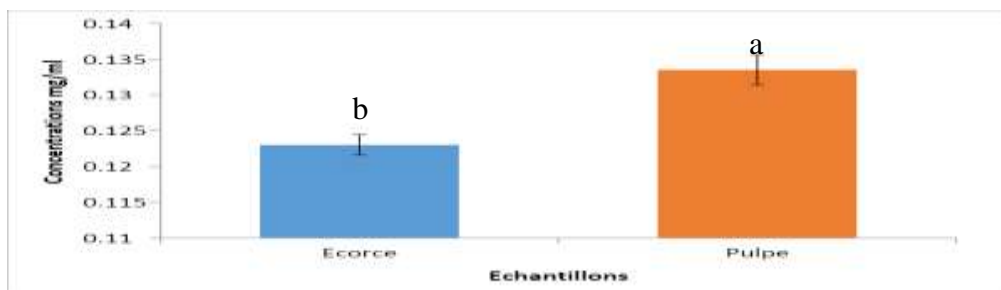


Figure 16 : IC_{50} de l'activité antioxydante totale de l'écorce et de la pulpe de *C. pepo*.

Les moyennes en IC_{50} affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

La valeur de l' IC_{50} de l'extrait de la pulpe ($0,133 \pm 0,002$ mg/mL) est supérieure à celle de l'extrait de l'écorce ($0,123 \pm 0,001$ mg/mL). L'écorce possède ainsi une meilleure activité. Ces résultats sont en plein accord avec de nombreuses études antérieures qui ont rapporté que les sous-produits tels que les épluchures des fruits et légumes sont dotés d'une meilleure activité antioxydante que leurs pulpes. Cette capacité peut être attribuée à leur richesse en antioxydants. D'ailleurs, il existe une corrélation entre le contenu phénolique et l'activité antioxydante des fruits et légumes, et il a été rapporté que les flavonoïdes sont également une sorte de substances antioxydantes naturelles capables de piéger les radicaux

libres (Hashash et al., 2017). Cependant, l'activité antioxydante dépend généralement de nombre et de la position des groupements hydroxyyles par rapport aux groupements carboxyles fonctionnels (Enneb et al., 2015).

En plus de la nature et de la quantité des antioxydants, l'activité antioxydante de *C. pepo* peut être affectée par la date de plantation, le stade de maturation, ainsi que par les conditions de traitement industriel et domestique (Zaho et al., 2015).

L'activité antioxydante totale des extraits du yaourt à base *C. pepo* (pulpe et écorce) a été également évaluée. Les résultats sont exprimés en absorbances (Figure 18).

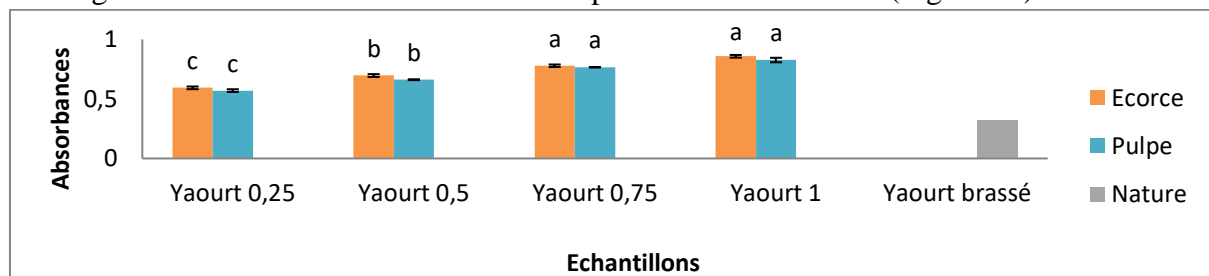


Figure 17 : Absorbance d'activité antioxydante totale des différents yaourts formulés

Les moyennes en absorbances affectées de différentes lettres indiquent des différences significatives ($P < 0,05$), celles suivies de la même lettre ne sont significativement différentes.

D'après l'histogramme ci-dessus, l'extrait du yaourt brassé non enrichi à la courge a la plus faible absorbance ($0,32 \pm 0,04$). En parallèle, pour chaque concentration de *C. pepo* dans le yaourt ; les valeurs des absorbances des extraits de yaourt à la pulpe sont toujours inférieures légèrement à celles des extraits de yaourt à l'écorce, et à chaque fois que la concentration en poudre de *C. pepo* (que ce soit la pulpe ou l'écorce) augmente; dans le yaourt, les absorbances augmentent aussi. Ainsi, les valeurs les plus faibles sont données par les extraits de yaourts enrichis avec 0,25% des poudres de la pulpe et de l'écorce qui sont respectivement de $0,57 \pm 0,01$ et $0,59 \pm 0,01$, et les valeurs les plus élevées correspondent à celles données par les extraits des yaourts enrichis avec 1% de poudre qui correspondent à $0,83 \pm 0,02$ pour l'extrait du yaourt à la pulpe et $0,86 \pm 0,01$ pour l'extrait du yaourt à l'écorce.

II.6. Analyse sensorielle

II.6.1. Moyenne ajustée par produit

Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de faire ressortir les moyennes quand les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau XVI : Moyennes ajustées par produit des yaourts à l'écorce.

	Intensité d'arome	Quantité de fruit	Couleur	Odeur	Arome identifié	Acidité	Consistance	Sucrosité	Texture
C	2,600	3,100	3,200	2,300	4,600	1,700	2,600	2,700	1,300
A	2,300	2,700	2,600	2,200	4,500	1,500	2,500	2,900	1,800
D	2,100	2,700	2,200	1,900	4,800	1,600	2,800	2,800	2,000
B	2,100	2,400	1,900	2,100	4,800	1,800	2,700	2,900	2,900
E	1,200	1,000	1,000	1,800	1,400	1,600	2,800	3,100	4,400

A : yaourt brassé à 0,75% d'écorce de *C. pepo*, B : yaourt brassé à 0,25% d'écorce, C : yaourt brassé à 1% d'écorce de *C. pepo*. D : yaourt brassé à 0,5 % d'écorce de *C. pepo*, E : yaourt brassé nature sucré.

Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont les plus significatives que la moyenne globale, et en rouge celles qui sont les moins significatives que la moyenne globale. Donc les yaourts C, A, D et B se caractérisent par un arôme non identifié, les yaourts C et A se caractérisent par une coloration orange plus au moins foncée, d'autre part, le yaourt C est désigné comme ayant une intensité d'arôme et une quantité de fruit plus au moins fortes. La texture des échantillons B et E varie de peu granuleuse jusqu'à très lisse.

A l'inverse le yaourt E, est considéré comme le produit ayant les moyennes les moins significatives avec un arôme faible voir absent et non identifié, une absence de fruits ni même de couleur. En revanche, pour la texture les yaourts C, A, ainsi que D se caractérisent par une texture granuleuse voir très granuleuse due à la poudre incorporée dans les yaourts. Le yaourt B est de couleur beige ce qui est due à sa faible teneur de poudre d'écorce.

Tableau XVII : Moyennes ajustées par produit des yaourts à la pulpe.

	Couleur	Quantité de fruit	Intensité d'arome	Odeur	Arome identifié	Sucrosité	Acidité	Consistance	Texture
D	3,200	3,900	3,000	2,200	4,600	2,700	1,800	2,400	1,700
B	2,800	3,100	2,300	1,700	4,700	3,200	1,700	2,400	2,300
A	2,700	2,700	2,100	1,800	4,700	2,800	1,600	2,500	2,300
C	2,100	2,600	1,900	1,600	4,800	2,600	2,100	2,800	2,700
E	1,000	1,000	1,100	1,300	1,200	2,700	1,900	2,800	4,800

A : yaourt brassé à 0,5% de pulpe de *C. pepo*, B : yaourt brassé à 0,75% de pulpe, C : yaourt brassé à 0,25% de pulpe de *C. pepo*. D : yaourt brassé à 1% de pulpe de *C. pepo*, E : yaourt brassé nature sucré.

vient le yaourt codé C qui est le moins enrichi (yaourt brassé à 0,25% de pulpe de courge F1).

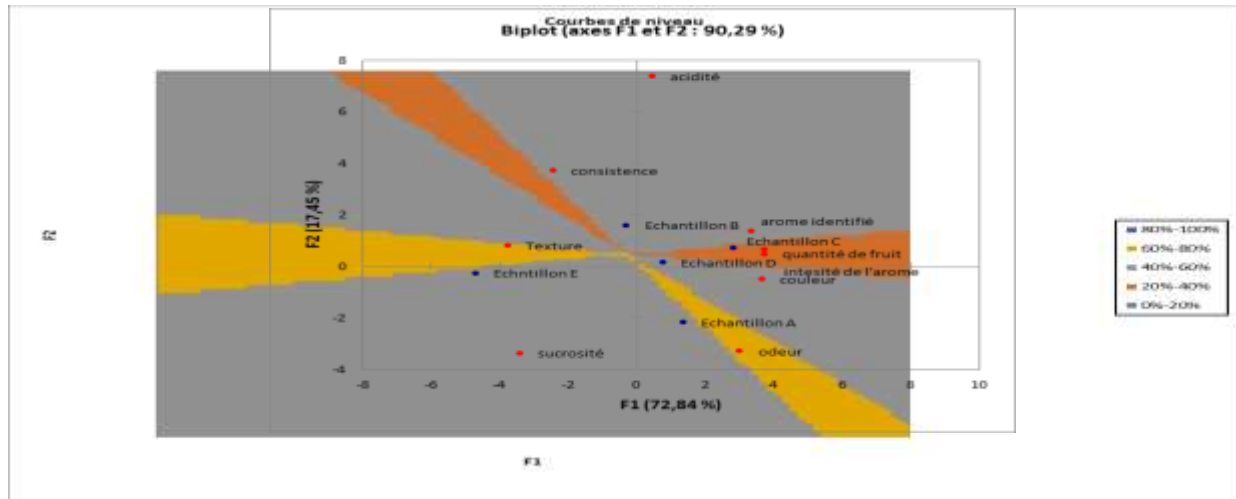


Figure 19 : Courbe de niveau et carte de préférence des yaourts à l'écorce.

D'après les résultats obtenus dans la figure 19, les pourcentages d'appréciation du produit codé E (yaourt brassé nature sucré F1) vient en première position avec un pourcentage d'appréciation de 60% à 80%, ensuite arrive le tour du produit A (yaourt brassé à 0,75% d'écorce de *C. pepo* F4), du produit codé C (yaourt brassé à 1% d'écorce F3), du produit codé D (yaourt brassé à 0,5% d'écorce F3) et du produit codé B (yaourt brassé à 0,25% d'écorce F2) qui ont reçu un pourcentage d'appréciation de 40% à 60%.

En conclusion, l'étude des deux cartographies sensorielles des préférences des cinq produits, avait révélé que la majorité des consommateurs (panel naïf) ont apprécié les yaourts à la pulpe par rapport à ceux de l'écorce. Les produits codés A (yaourt brassé à 0,5% de pulpe de *C. pepo* F3), B (yaourt brassé à 0,75% de pulpe F3) et E (yaourt brassé nature sucré F2) ont les meilleurs pourcentages d'appréciation qui sont de 60% à 80% comparés aux produit A (yaourt brassé à 0,75% d'écorce F4), du produit codé C (yaourt brassé à 1% d'écorce F3), du produit codé D (yaourt brassé à 0,5% d'écorce F3) et du produit codé B (yaourt brassé à 0,25% d'écorce F2) qui ont reçu un pourcentage d'appréciation de 40% à 60%.

Conclusion et Perspectives

La citrouille a une valeur nutritionnelle élevée, donne un haut rendement, et elle est à faible coût donc essentielle à la sécurité alimentaire. Les procédés de transformation permettent d'avoir des produits à base de citrouille ayant des avantages nutraceutique et pharmaceutique, et de bonne qualité organoleptique et sensorielle respectant les normes sanitaires. Cependant, malgré tous ces atouts, la citrouille reste encore une culture marginalisée dans les programmes de recherche et développement et dans les habitudes alimentaires des populations. En outre, très peu d'informations sont disponibles sur son potentiel et ainsi que sa production en Afrique en raison de manque de recherche et des programmes d'amélioration.

Une faible consommation de yaourt représente une occasion manquée de contribuer à un mode de vie sain, car celui-ci fournit une excellente source de protéines et de calcium ainsi qu'une source de probiotiques qui peuvent offrir une gamme d'avantages pour la santé. La pulpe et l'écorce de citrouille servent non seulement de nourriture délicieuse, mais possède également des vertus thérapeutiques. Par conséquent, dans cette présente étude nous les avons exploité afin de fortifier un yaourt brassé et les résultats obtenus ont montré que :

- Les propriétés physicochimiques étaient satisfaisantes par rapport à la réglementation de l'entreprise.
- Une conformité du point de vue microbiologique aux normes de l'entreprise, pour les matières premières, semi fini et produit fini.
- Le produit fini a décelé une quantité importante en protéines, en composés phénoliques et en activité antioxydante grâce à l'enrichissement à l'écorce et à la pulpe de citrouille qui sont potentiellement de bonnes sources de composés antioxydants comme les polyphénols, bénéfiques pour la santé humaine.
- L'analyse sensorielle a montré une bonne acceptabilité envers le yaourt brassé à 0,75% de poudre de pulpe et 1% d'écorce de *C. pepo* et a montré que ceux enrichis à la pulpe étaient plus préférés à ceux de l'écorce.

Ainsi, nous pouvons conclure que le yaourt brassé enrichis avec *C. pepo* s'est avéré être un produit laitier probiotique acceptable.

L'ensemble des résultats obtenus de cette étude ont permis de contribuer aux travaux de recherche préexistants dans le domaine de l'industrie laitière mais ne constituent qu'une

caractérisation incomplète, aux perspectives et dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant de :

- Elaborer d'autres méthodes d'extraction et d'investigation (CCM, HPLC, CPG,...)
- Reproduire les formulations de la présente étude à l'échelle pilote au sein d'une industrie agro-alimentaire.
- Optimiser les conditions d'extractions par des plans d'expériences.
- Optimiser et modéliser une meilleure formule par un plan d'expérience, en associant les résultats de l'analyse physico-chimique microbiologique et sensorielle.
- Mettre en place une formule idéale en intégrant d'autres arômes naturels pour améliorer les caractéristiques organoleptiques de yaourt tel que l'arôme aux agrumes.
- Les deux poudres pourraient être une alternative aux additifs, édulcorant et colorants orange chimiques nocifs pour la santé.
- Suivre la stabilité du yaourt enrichie par la poudre de pulpe et d'écorce au cours du stockage.
- Faire une enquête préliminaire au sein des professionnels de yaourt pour identifier la meilleure recette d'élaboration.

Références bibliographiques

-A-

Abdulrhem T. AL-Ghazal A.T. (2012). Evaluation of Antibacterial Effect of Cucurbita pepo (Yakten) extracts on multi-antibiotic resistance bacterial strains isolated from human urinary tract infections. Raf. Journal Science, 23(2): 1-7.

Achilonu, M., Nwafor, I., Umesiobi, D., Sedibe, M. (2018). Biochemical proximates of pumpkin (Cucurbitaceae spp.) and their beneficial effects on the general well-being of poultry species. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 102(1), 5–16

Adebayo O. R., Farombi A. G., Oyekanmi A. M. (2013). Proximate, Mineral and AntiNutrient Evaluation of PumpkinPulp (CucurbitaPepo). Journal of AppliedChemistry, 4(5): 25-28.

Adelerin, R. O., Ifesan B.O, Awolu O. O. (2022). Physicochemical, nutritional, phyto constituents, and antioxidant properties of three different processing techniques of pumpkin (Cucurbita pepo) pulp flour. Ceylon Journal of Science 51(1) : 43-50

Afiati, F., Priadi, G., Setiyoningrum, F. (2018). The improvement of functional food in yogurt enriched with purple sweet potato (Ipomea batatas var. Ayamurasaki). J. Indones. Trop. Anim. Agric, 43, 159–168.

Ahmad, I., Khalique, A., Shahid, M.Q., Rashid, A.A., Faiz, F., Ikram, M.A., Ahmed, S., Imran, M., Khan, M.A., Nadeem, M., et al. (2020). Studying the Influence of Apple Peel Polyphenol Extract Fortification on the Characteristics of Probiotic Yoghurt. Plants, 9, 77.

Ahmed, I.A.M., Alqah, H.A., Saleh, A., Al-Juhaimi, F.Y., Babiker, E.E., Ghafoor, K., Hassan, A.B., Osman, M.A., Fickak, A. (2021). Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (Solenostemma argel Hayne) leaf extract. LWT Food Sci. Technol, 137, 110389.

Aliyu, A.B., Ibrahim M.A., Ibrahim H., Musa A.M., Lawal A.Y. Oshanimi J.A., Usman M., Abdulkadir I.E., Oyewale A.O. et Amupitan J.O. (2012). Free radical scavenging and total antioxidant capacity of methanol extract of Ethuliaconyzoides growing in Nigeria. Romanian Biotechnological Letters, 17(4): 7458-7465.

Anuyahong, T., Chusak, C., Thilavech, T., Adisakwattana, S. (2020). Postprandial Effect of Yogurt Enriched with Anthocyanins from Riceberry Rice on Glycemic Response and Antioxidant Capacity in Healthy Adults. Nutrients, 12, 2930.

-B-

Badr, S.E.A., El Ghandour, H.M.A., El-Reffaei, W.H.M. , El- Moghazy, G.H. (2011). Study Of Some Different Biological Activities For Rind, Flesh And Seeds Of Pumpkin Ripe Fruits (*Cucurbita pepo* L.) And Characterize Their Natural Organic Compounds. J. Food and Dairy Sci., Mansoura Univ., Vol. 2 (12): 709 – 727

Badr, S.E.A., Shaaban, M., Elkholy, Y.M., Helal, M.H., Hamza, Akila S., Masoud, M.S., El Safty, M.M. (2011). Chemical composition and biological activity of ripe pumpkin fruits (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in Egyptian habitats. Natural Product Research, 25(16), 1524–1539.

Barakat, H., Hassan, M.F.Y. (2017). Chemical, Nutritional, Rheological, and Organoleptical Characterizations of Stirred Pumpkin-Yoghurt. *Food Nutr. Sci*, 8, 746–759

Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M.A., Fendri, I., Attia, H., Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT - Food Science and Technology*

Bhat, S.V., Deva, A.M., Amin, T. (2018). Physicochemical and textural properties of yogurt fortified with psyllium (*Plantago ovate*) husk. *J. Food Process. Preserv*, 42, e13425.

Brahmi, F., Hauchard, ., Guendouze, N., Madani, K., Martin, K., Léocadie, K., ... & Duez, P. (2015). Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (Lamiaceae). *Industrial crops and products*, 74, 722-730.

Brahmi, F., Merchiche, F., Mokhtari, S., Smail, L., Guemghar-Haddadi, H., Yalaoui-Guellal, D., Achat, S., Elsebai, M.F., Madani, K., Boulekbache, L. (2021). Optimization of some extraction parameters of phenolic content from apple peels and grape seeds and enrichment of yogurt by their powders: A comparative study. *J. Food Process. Preserv*, 45, e15126.

Brahmi, F., Mateos-Aparicio, I., Garcia-Alonso, A., Abaci, N., Saudi, S., Smail-Benazzouz, L., Guemghar-Haddadi, H., Madani, K., Boulekbache-Makhlouf, L. (2022). Optimization of Conventional Extraction Parameters for Recovering Phenolic Compounds from Potato (*Solanum tuberosum* L.) Peels and Their Application as an Antioxidant in Yogurt Formulation. *Antioxidants*, 11, 1401. <https://doi.org/10.3390/antiox11071401>

Bougatef, A. , Hajji, M., Balti, R. , Lassoued, I. , Triki-Ellouz, Y. , Nasri, M. (2009). Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. *Food Chemistry* 114 (4) 1198–1205

Bourgou, S. , Serairi Beji, R. , Medini, F. , Ksouri, R. (2016). Effet du solvant et de la méthode d'extraction sur la teneur en composés phénoliques et les potentialités antioxydantes d'*Euphorbia helioscopia*. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 28(12), 1649-1655

Buchilina, A. , Aryana, K. (2020). Physicochemical and microbiological characteristics of camel milk yogurt as influenced by monk fruit sweetener. *Journal of Dairy Science*

-C-

Caili, F., Huan, S., & Quanhong, L. (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61(2), 70–77.

Caleja, C. , Barros, L. , Antonio, A.L. , Caroch, M. , Oliveira, M.B.B.P. , Ferreira, I.C F R. (2016). Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives

Chang, C.C. , Yang, M.H. , Wen, H.M. , Chern, J.C. (2002). Estimation of Total Flavonoid Content in Propolis by Two Complementary Colorimetric Methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, Vol. 10, No. 3, Pages 178-182

Chaves S., Perdigon G. et de Moreno de Leblanc A. (2011). Yoghurt Consumption Regulates the Immune Cells Implicated in Acute Intestinal Inflammation and Prevents the Recurrence of the Inflammatory Process in a Mouse Model. *Journal of Food Protection* 174 (74): 801-811

Chen, J.C. , Chiu, M.H. , Nie, R.L. , Cordell, G.A. , Qiu, S.X. (2005). Cucurbitacins and cucurbitane glycosides: structures and biological activities. *Nat Prod. Rep*, 22, 386–399

Chilczuk B., Perucka I., Materska M., Buczkowska H. (2014). Zawartość luteiny, zeaksantyny, i β -karotenu w liofilizowanych owocach wybranych odmian *Cucurbita Maxima* D, *Żywność. Nau-ka. Technologia. Jakość*, 2(93), pp. 139-150.

Codex Alimentarius. (1999). Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-1999. pp :1-4.

-D-

Demirkol, M., Tarakci, Z. (2018). Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. *LWT Food Sci. Technol*, 97, 770–777.

Depled F., SSHA., (2009). Evaluation sensorielle manuel méthodologique. Ed , Tec et Doc Lavoisier – France , pp 205.

Dimitrellou, D., Solomakou, N., Kokkinomagoulos, E., Kandyli, P. (2020). Yogurts Supplemented with Juices from Grapes and Berries. *Foods*, 9, 1158

Dini I., Tenore G.C. et Dini A. , (2003). Effect of industrial and domestic processing on antioxidant properties of pumpkin pulp. *Food Science and Technology*, 53: 382-385.

Dinkçi, N., Aktaş, M., Akdeniz, V., Sirbu, A. (2021). The Influence of Hazelnut Skin Addition on Quality Properties and Antioxidant Activity of Functional Yogurt. *Foods*, 10, 2855.

-E-

Enneb H, Belkadhi A., Cheour F. et Ferchichi A. (2015). Comparaison des composés phénoliques et du pouvoir antioxydant de la plante de henné (*Lawsonia inermis* L.). *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 20(2): 788-793.

Espirito Santo, A.P. , Silva, R.C. , Soares, F.A.S.M. , Anjos, D. , Gioielli, L.A. , Oliveira, M.N. (2010). Açai pulp addition improves fatty acid profile and probiotic viability in yoghurt. *International Dairy Journal* 20 (2010) 415–422

-F-

FAO. (1975). Norme FAO. II

FAOSTAT, F. (2016). FAOSTAT statistical database. Publisher: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Rome, Italy

FAOSTAT, F. (2019). FAOSTAT statistical database. Publisher: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Rome, Italy

Fédération internationale de laiterie, FIL. (1984). Séminaire sur les laits fermentés, Avignon 14-16 mai. Bulletin International Dairy Federation. 179

Fisberg, M., Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. Nutrition Reviews Vol. 73(S1):4–7

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Ed. Tec & Doc Lavoisier. 424p

-G-

Gbemenou, U.H. , Ezin, V. , Ahanchede, A. (2022). Current state of knowledge on the potential and production of Cucurbita moschata (pumpkin) in Africa: A review. African Journal of Plant Science. Vol. 16(1), pp. 8-21

Giwa, S., Abdullah, L.C., Adam, N.M. (2010). Investigating “Egusi” (Citrullus Colocynthis L.) Seed Oil as Potential Biodiesel Feedstock Energies, 3, 607–618

Gohari Ardabili, A., Farhoosh, R., & Haddad Khodaparast, M. H. (2011). Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (Cucurbita pepo Subsp. pepo Var. Styriaka) grown in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 13, 1053–1063

Grigora C.G. (2012). Valorisation des fruits et des sous-produits de l’industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Thèse de Doctorat en Science. Université d’Orléans, 262 p.

Guiné, R.P.F., Rodrigues, A.P., Ferreira, S.M., Gonçalves, F.J. (2016). Development of Yogurts Enriched with Antioxidants from Wine. J. Culin. Sci. Technol, 14, 263–275.

-H-

Hachana, Y. , Rejeb, R. , Chiboub, N. , Zneidi, I.A. (2017). Variation factors of yoghurt quality during the manufacturing process. Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, 41(7), 2243-2252

Haddouchi, F. , Chaouche, T.M. , Halla, N. (2016). Phytochemical screening, antioxidant activities and hemolytic power of four Saharan plants from Algeria. *Phytothérapie*

Hagerman, A. E., & Butler, L. G. (1978). Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 26(4), 809-812.

Hanafi, F.N.A. N.A.Kamaruding, S. Shaharuddin. (2022). Influence of coconut residue dietary fiber on physicochemical, probiotic (*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) survivability and sensory attributes of probiotic ice cream

Harrar A-N. (2012). Activités antioxydantes et antimicrobiennes d'extraits de *Rhamnus alaternus* L. Thèse de Magistère en Biochimie et physiologie expérimentale. Université Ferhat Abbas Sétif, 95 p.

Hashash, M.M. , El-Sayed, M.M. , Abdel-Hady, A.A. , Abdel Hady, H. , Morsi, E.A. (2017). Nutritional Potential, Mineral Composition And Antioxidant Activity Squash (*Cucurbita Pepo* L.) Fruits Grown In Egypt. *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*. Volume 4, Issue 03, 05-12

Hosen, M. , Rafii, M.Y. , Mazlan, N. , Jusoh, M. , Oladosu, Y. , Chowdhury, M.F.N. , Muhammad, I. , Khan, M.M.H. (2021). Pumpkin (*Cucurbita* spp.): A Crop to Mitigate. *Food and Nutritional Challenges*. *Horticulturae*, 7, 352

-I-

Idouraine, A. , Kohlhepp, E.A. , Weber, C.W. (1996). Nutrient Constituents From Eight Lines Of Naked Seed Squash (*Cucurbita Pepo* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 721–724.

Ihemeje, A., Nwachukwu, C. N. and Ekwe, C.C. (2015). Production and quality evaluation of flavoured yoghurts using carrot, pineapple, and spiced yoghurts using ginger and pepper fruit. *African Journal of Food Science*, 9(3): 163-169

Ismat N., Abida T., Sabeen I., Hifsa M. et Alya M. (2009). Analysis of flavonols in the peels of vegetables by High Performane Liquid Chromatography. *New York Science Journal*, 2(5).27-30.

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

-J-

Jaster, H., Arend, G.D., Rezzadori, K., Chaves, V.C., Reginatto, F.H., Petrus, J.C.C, (2018). Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. *Food Res. Int*, 104, 119–125.

Jeantet,R., Croguennec,T., Mahaut,M., Schuck,P., Brulé,G. (2008). Les produit laitiers. 2^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc.Paris. PP 181.

Johnson J.T., Abam K.I., Ujong U. P., Odey M.O., Inekwe V.U., Dasofunjo K. et Inah G.M. (2013). Vitamins Composition of Pulp, Seed and Rind of Fresh and Dry Rambutan

Nephelium Lappaceum and Squash *Cucurbita pepo* 'L. International Journal of Science and Technology Volume 2 No. 1

JORA. N°35. (1998). Arête interministériel de 23 juillet 1994. Relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. Journal Officiel de la République Algérienne: p.

Ju, J. , Bai, H. , Zheng, Y. , Zhao, T. , Fang, R. , & Jiang, J. (2012). A multi-structural and multi-functional integrated fog collection system in cactus. Nature communication 3,Article number:1247.

Jung, J., Paik, H.-D., Yoon, H.J., Jang, H.J., Jeewanthi, R.K.C., Jee, H.-S., Li, X., Lee, N.-K., Lee, S.-K. (2016). Physicochemical Characteristics and Antioxidant Capacity in Yogurt Fortified with Red Ginseng Extract. Korean J. Food Sci. Anim. Resour, 36, 412–420.

-K-

Kostecka-Gugała, A. , Kruczek, M. , Ledwożyw-Smoleń, I. , Kaszycki, P. (2020). Antioxidants and Health-Beneficial Nutrients in Fruits of Eighteen Cucurbita Cultivars: Analysis of Diversity and Dietary Implications. Molecules, 25(8), 1792

-L-

Labioui H., Elmoualdi L., Benzakour A., El Yachioui M., Berny E. H., Ouhssine M. (2009). Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 7-16pp

Lablondel, C. (2007). Les laits fermentés : vos alliés pour une meilleure santé. Pp. 3

Lewis., Theodore J. (1996). Tannin J.Amer Oriental Soc.Ct 13,33-34

Lucas A., Sodini I., Monnet C., Joplivet P., Corrien G. (2004). Probiotic cell count and acidification in fermented milks supplemented with milk protein hydrolysates. International Dairy Journal, 14, pp 47-53.

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

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

-M-

Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G et Schuck , P. (2000). Les produits industriels laitiers Tech&Doc, Lavoisier, Paris.

Mongkolsilp, S. , Pongbupaki, I. , Sae-Lee, N. , Sitthithaworn, W. (2004). Radical Scavenging Activity and Total Phenolic Content of Medicinal Plants Used in Primary Health Care. SWU J Pharm Sci, Vol. 9 No. 1

Muniandy, P. , Shori, A.B. , Baba, A.S. (2016). Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. Food Packaging and Shelf Life. Volume 8, Pages 1-8

Muntean E., Belle C. et Socaciu C. (2003). Hplc Analysis Of Carotenoids From Fruits Of Cucurbita Pepo L. Var. Melopepo Alef. Acta Agronomica Hungarica, 51(4), pp. 455–459

-N-

Nabavi, S. , Rafraf, M. , Somi, M.H. , Homayouni-Rad, A. , Asghari-Jafarabadi, M. (2014). Effects of probiotic yogurt consumption on metabolic factors in individuals with nonalcoholic fatty liver disease. Journal of Dairy Science Vol. 97 No. 12

Nansikombi, N., Muyonga, J., Byaruhanga, Y. (2019). Association between Fruit Characteristics and Postharvest Stability of Different Pumpkin (Cucurbita) Species. Journal of Food Research 8(4): 131

Norfezah, M.N. (2013). Development of expanded snack foods containing pumpkin flour and corn grits using extrusion technology. Thesis of Doctor of philosophy. University Palmerston north of New Zealand, 158 p.

Noroozi, F., Bimakr, M., Ganjloo, A., Aminzare, M. (2021). A short time bioactive compounds extraction from Cucurbita pepo seed using continuous ultrasound-assisted extraction. Journal of Food Measurement and Characterization 15:2135–2145

Nyam K.L., Lau M.,Tan C.P. (2013). Fibre from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds and rinds: physico-chemical properties, antioxidant capacity and application as bakery product ingredients. Malaysian Journal of Nutrition. 19(1): 99-109.

-O-

Obiakor-Okeke P.N., Oly-Alawuba ,N. (2014). Evaluation of tannin, phytate and mineral composition of different indigenous dishes based on pumpkin (*Cucurbita pepo*). International Journal of Nutrition and Food Sciences, 3(6) : 493-496.

Oskar, Adolfsson., Simin, Nikbin., Meydani, Robert., Russell, M. (2004). Yogurt and gut function. The American Journal of Clinical Nutrition, 80(2), 245-256

Oyenike A. Adeyemo, Similoluwa R. Adegoke, Damilola J. Oladapo, Chidinma C. Amaghereonu, Afolabi E. Thomas, Vincent E. Ebirikwem, Bolaji Adeyinka, Wuraola M. Amoda. (2020). Transferability of SSR Markers used for Assessment of Genetic Relationship in Five Species/Genera in Cucurbitaceae. Egyptian Journal of Botany. Vol. 60, No. 1, pp. 275-286

-P-

Paci Kora, E, (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brasse aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception et de la texture et de la flaveur .Thèse de doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris.Grignon.P205.

Patel, S. (2013). Pumpkin (*Cucurbita* sp.) seeds as nutraceutic: a review on status quo and scopes. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, vol. 6, no. 3, pp. 183-189

Pelletier J-F., Faurie J-M. & François A. (2007). Lait fermenté : la technologie au service du goût. In *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, Volume 42, Issue 2, 18-05-2007, pp. 2S15.

Petrotos, K.B., Karkanta, F.K., Gkoutosidis, P.E., Giavasis, I., Papatheodorou, K.N., Ntontos, A.C. (2012). Production of novel bioactive yogurt enriched with olive fruit polyphenols. *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 64, 867–872.

Phillips, K. M., Ruggio, D. M., Ashraf-Khorassani, M. (2005). Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(24), 9436–9445

Polèse J.M. (2006). La culture des courges. Edition Artemis.10-76p.

Provesi J.G., Odebrecht Dias C. et Amante E.R. (2011). Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. *Food Chemistry*, 128 : 195-202.

-Q-

Qiu, L., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Chang, L. (2021). Effect of edible rose (*Rosa rugosa* cv. Plena) flower extract addition on the physicochemical, rheological, functional and sensory properties of set-type yogurt

-R-

Rahman, M.M., Juahir, H., Islam, M.H., Khandaker, M.M., Ariff, T.M., Nik, W.M.N.W. (2019). Prophetic vegetable Pumpkin, Its impressive health benefits and total analysis. *Bioscience Research*. Vol 16(4): 3987-3999

Raikos, V. , Ni, H., Hayes, H., Ranawana, V. (2018). Antioxidant Properties of a Yogurt Beverage Enriched with Salal (*Gaultheria shallon*) Berries and Blackcurrant (*Ribes nigrum*) Pomace during Cold Storage. *Beverages*, 5, 2.

Renard, J. (2014). A propos du lait cru. Lait et produits laitiers. *DiversiFerm* : 68, 42.

Robinson, R.W., Decker-Walters, D.S. (1999). Evaluation Polyphenol Content and Antioxidant Activity in Extracts of *Cucurbita* spp. *Cucurbits*. Cab International, Wallingford, Oxon, New York

Rodriguez-Amaya, D. B. (2001). A guide to carotenoid analysis in foods (Vol. 71). Washington: ILSI press

Rolnik A., Olas B. (2020). Légumes de la Cucurbitacées famille et leurs produits : effet positif sur la santé humaine. *Nutrition* 78.

-S-

Saavedra M. J., Aires A., Dias C., Almeida J. A., De Vasconcelos M. C. B. M., Santos P., Rosa E. A. (2015). Evaluation of the potential of squash pumpkin by-products (seeds and shell) as sources of antioxidant and bioactive compounds. *Journal Food Science Technology*, 52(2):1008– 1015.

Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Capanoglu, E., Adrar, N., Catalkaya, G., Shaheen, S., Jaffer, M., Giri, L., Suyal, R., Jugran, A.K., Calina, D., Docea, A.O., Kamiloglu, S., Kregiel, D., Antolak, H., Pawlikowska, E., Sen, S., Acharya, K., Bashiry, M., Selamoglu, Z., Martorell, M., Sharopov, F., Martins, N., Namiesnik, P and Cho, W.C. (2019). Cucurbita Plants: From Farm to Industry. *Appl. Sci.* 9, 3387

Salehi, M., Ghorbani, M., Mahoonk, A.S., Khomeiri, M. (2021). Physicochemical, antioxidant and sensory properties of yogurt fortified with common purslane (*Portulaca oleracea*) extract. *J. Food Meas. Charact.* 15, 4288–4296.

Sánchez-Zapata, E., Fuentes-Zaragoza, E., Fernandez-Lopez, J., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., & Pérez-Álvarez, J. A. (2009). Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk (“Horchata”) byproducts and its physicochemical properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(17), 7719-7725.

Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M. M., Amp, Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38(8-9), 1023-1029.

Schlich, P., Deglaire, A., Cordelle, S., Urbano, C., Biguzzi, C., Martin, C. (2010). Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité. *Innovations Agronomiques*, 10, 95- 114.

Schmidt, D., Wust, G.L.F., Fontana, D.C., Pretto, M.M., Santos, J., Mariotto, A.B., Azevedo, G.C.V., Cristo, C.A., (2020). Physiological quality of cucurbits in spectral qualities. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 32(2): 92-9

Schuck, P. (2020). Modifications des propriétés fonctionnelles des poudres de protéines laitières: Impact de la concentration et du séchage. *Innovations Agronomiques*, INRAE, 2011, 13, pp.71-99. hal-01454219

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

Sodini I., Remeuf F., Haddad S. et Corrieu G. (2004). The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44,113-137.

Sodini, I., Beal, C. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F 6315)*. Paris- France : Pp16

Speltz J., et Fantini N., (2010). La masse volumique. *Chimie/Physique*, 89-110.

Srividhya, V., Sengottuvel, T., Gopala, S.T., Kanupriya, J., Arihara, S.G. (2019). Antioxidant potential and Phytochemical analysis of fruit extract of Cucurbita pepo. International Journal Of Current Research In Chemistry And Pharmaceutical Sciences. 6(3): 22-32

Syndifrais, M. S. D. (1997). Yaourts, laits fermentés. Lait, 77, 321-358.

Syndifrais, (2020). Produits laitiers frais. Code de Bonnes Pratiques Réglementaires, 1-44

-T-

Tabak S., Bensoltane, A. (2011). L'activité antagoniste des bactéries lactiques (Streptococcus thermophilus, Bifidobacterium bifidum et Lactobacillus bulgaricus) vis-à-vis de la souche Helicobacter pylori responsable des maladies gastroduodénales. Ed Nature et Technologie. Pp 71-79.

Tamer C.E, Inceday B., Yonel S.P., Yonak S., Utku Copur O. (2010). Evaluation of several quality criteria of low calorie pumpkin dessert. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38(1):76-80

Tamime, A.Y. Deeth, H.C. (1980). Yoghurt : technology and biochemistry. Journal of Food Protection, 43 (12), 939-977

Tariket, A. (2016). Caractérisation du babeurre et son utilisation dans la fabrication d'un yaourt étuvé. Thèse de doctorat. Université M'Hamed Bouguara. Boumerdes. 117P.

Thammaihraj, S. A., Vittal, R. Rai. (2017). An ethanobotanical investigation of cucurbitaceae from South India: A review. Journal of Medicinal Plants Studies , 5(3): 250-254

Thanatcha, R., Pranee, A. J. I. F. R. J. (2011). Extraction and characterization of mucilage in Ziziphus mauritiana Lam. *International Food Research Journal*, 18(1).

-U-

Umamaheswari, M., Chatterjee, T. K. (2008). *In vitro* antioxidant activities of the fractions of *Coccoloba niagrandis* L. leaf extract. *African Journal of Traditional Complementary and Alternative Medicine*, 5, 61-73

-V-

Vanier, P. (2007). La citrouille au fil du temps, usages culinaires, conservation, jardinage, biologique. Ecologie et environnement.

Vermeris, W., Nicholson, R. (2006). Phenolic Compound Biochemistry. PP 151-196

Vignola, C.I. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed Lavoisier, Paris, Pp600

Vital, A.C.P., Goto, P.A., Hanai, L.N., Gomes-Da-Costa, S.M., Filho, B.A.D.A., Nakamura, C.V., Matumoto-Pintro, P.T. (2015). Microbiological, functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract. *LWT Food Sci. Technol*, 64, 1028–1035.

-W-

Wang, L J., Su, S., Wu, J. (2014). Variation of anthocyanins and flavonols in *Vaccinium uliginosum* berry in Lesser Khingan Mountains and its antioxidant activity. *Food Chemistry*, 160, 357–364

Wang, X., Kristo, E., La Pointe, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocoll*, 100, 105453.

-X-

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

-Y-

Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G. B. K. S., Yadav, H. (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review. *Nutrition Research Reviews*, 23, 184–190

-Z-

Zaho, J., Liu W., Chen, D., Song, Y., Zhang, Y., Yuanying, Ni, Y., Li, Q. (2015). Physicochemical and Antioxidant Properties of Different Pumpkin Cultivars Grown in China. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 9(4): 308-316.

Zaini, R., Clench, M.R. and Maitre, C.L. (2011) Bioactive Chemicals from Carrot (*Daucus carota*) Juice Extracts for the Treatment of Leukemia. *Journal of Medicinal Food*, 14, 1303-1312. <http://dx.doi.org/10.1089/jmf.2010.0284>

Zdunić, G.M., Menković, N.R., Jadranin, M.B., Novaković, M.M., Šavikin, K.P., Živković, G.C. (2016). Phenolic compounds and carotenoids in pumpkin fruit and related traditional products. *Hem. ind.* 70 (4) 429–433

Zhou, C.L., Mi, L., Hu, X.Y., Zhu, B.H. (2017). Evaluation of three pumpkin species: correlation with physicochemical, antioxidant properties and classification using SPME-GC–MS and E-nose methods. *Journal of Food Sciences and Technology* 54(10): 3118–3131

Annexes

Annexe n°1 : Protocoles d'analyses physico-chimiques

○ **Taux d'humidité**

La dessiccation est la méthode utilisée pour déterminer le taux d'humidité, où 3 échantillons de 10 g de l'écorce et de la pulpe ont été placés dans une étuve ventilée réglée à une température de 105°C pendant 3 à 4 heures jusqu'à stabilisation du poids. Le taux d'humidité est défini comme étant la perte de poids subit lors de la dessiccation qui est calculé par la formule suivante :

$$H\% = \frac{M1-M2}{P} * 100$$

H% : Teneur en eau.

M1 : Poids de la capsule + échantillon avant dessiccation.

M2 : Poids de la capsule + échantillon après dessiccation.

P : La prise d'essai.

La matière sèche (MS) est obtenue comme suit :

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

○ **pH**

Le mode opératoire est le même pour la pulpe et l'écorce de *C. pepo* (Demirkol, 2018)

Peser 5g de poudre de citrouille dans un bécher, ajouter 100 mL d'eau distillée et homogénéiser, ensuite filtrer à travers un papier filtre, puis introduire l'électrode du pH-mètre dans le filtrat et lire la valeur affichée sur l'écran de l'appareil.

Le mode opératoire est le même pour les deux poudres de lait (26% et 0%) (Manuel SOUMMAM) :

Peser 10g de poudre de lait dans un bécher et ajuster jusqu'à 100 mL avec de l'eau distillée, ensuite immerger la sonde du pH-mètre dans le lait reconstitué ayant une température de 20°C à 25°C, et lire la valeur affichée.

Pour l'eau de process (Manuel SOUMMAM), rincer les sondes du pH-mètre avec de l'eau de process, ensuite immerger-les dans le flacon d'eau à analyser.

Le protocole est le même pour le yaourt à base de la pulpe et de l'écorce (Manuel SOUMMAM). Avant de faire la mesure du pH, procéder à l'étalonnage de l'instrument.

Immerger la sonde de pH-mètre dans le yaourt enrichi ayant une température de 20°C à 25°C, et lire la valeur affichée.

○ **L'acidité titrable**

Pour les poudres de la pulpe et de l'écorce de *C. pepo*, titrer le filtrat avec de l'NaOH standard à (0,1N) jusqu'à pH=8,1, la valeur est exprimée en % d'acide citrique anhydre (Demirkol, 2018).

Concernant les poudres du lait (26% et 0%), dans le même échantillon préparé préalablement pour la mesure du pH :

Titrer le mélange avec une solution NaOH N/10 jusqu'au virage à pH = 8.30. L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide lactique qui est le volume de la chute de burette (Manuel SOUMMAM).

Pour les produits finis :

A l'aide d'une seringue prélever 10 mL du yaourt enrichi dans un bécher, titrer le mélange avec une solution NaOH N/10 jusqu'au virage à pH = 8.30. L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide lactique qui est le volume de la chute de burette (**Manuel SOUMMAM**).

○ **L'extrait sec total**

Pour les poudres de lait 0% et 26% :

Dans un dessiccateur (startorius MA100), sélectionner l'affichage du programme et sélectionner le programme poudre, le charger et le confirmer, déposer une coupelle puis la tarer, ensuite répartir environ 4 g de l'échantillon sur la coupelle jusqu'à affichage d'une mention « démarrer analyse » et démarrer le programme de dessiccation. Lorsqu'aucune perte de poids n'est plus détectable la dessiccation s'arrête automatiquement alors lire la valeur de l'EST affichée qui est exprimée en pourcentage de masse.

En ce qui concerne le produit fini :

Dans un dessiccateur (startorius MA100), sélectionner l'affichage du programme et sélectionner le programme yaourt, le charger et le confirmer, déposer une coupelle puis la tarer, ensuite répartir environ 4 g de l'échantillon sur la coupelle jusqu'à affichage d'une mention « démarrer analyse » et démarrer le programme de dessiccation. Lorsqu'aucune perte de poids n'est plus détectable la dessiccation s'arrête automatiquement alors lire la valeur de l'EST affichée qui est exprimée en pourcentage de masse.

○ **Taux d'humidité**

Pour les poudres 26% et 0% :

Après avoir déterminé l'EST par dessiccateur, le taux d'humidité est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = 100 - \text{EST (\%)}$$

○ **La matière grasse**

Poudre 26% et 0% :

Dans un butyromètre mettre 10mL d'acide sulfurique H₂SO₄ à 1.82, ajouter 11 mL d'eau distillée, ensuite 2,5 g de la poudre de lait préalablement homogénéisé ensuite 1 mL d'alcool iso-amylque puis fermer le butyromètre avec un bouchon propre et sec et agiter énergiquement pour dissoudre complètement la caséine. Après que le mélange brunie, s'échauffe vers 80 °C et s'homogénéise, procéder à la centrifugation butyromètre entre 1100 et 1200 tr/min pendant 5 min puis, chauffer dans un bain Marie pendant 10 min à 65 ± 2 °C et enfin faire une lecture immédiate dans 10s.

Pour les produits finis :

Additionner 10mL d'acide sulfurique (H₂SO₄) avec 5,5 mL de yaourt, puis 5,5mL d'eau distillée et 1mL d'alcool iso amylique dans un butyromètre puis fermer le butyromètre avec un bouchon propre et sec et agiter énergiquement pour dissoudre complètement la caséine. Après que le mélange brunie, s'échauffe vers 80 °C et s'homogénéise, procéder à la centrifugation butyromètre entre 1100 et 1200 tr/min pendant 5 min puis, chauffer dans un bain Marie pendant 10 min à 65 ± 2 °C et enfin faire une lecture immédiate dans 10s.

Le résultat est exprimé après lecture sur le butyromètre (NF V 04-210) :

$$MG (\%) = B - A$$

Avec :

B : graduation correspondant au niveau supérieur de la colonne lipidique.

A : graduation correspondant au niveau inférieur de la colonne lipidique.

○ Masse volumique et densité

On appelle masse volumique d'un corps (notée ρ) le quotient de la masse m par le volume V du corps (Speltz et Fantini, 2010).

Pour les poudres du lait 0% et 26% :

Peser une quantité de l'échantillon à analyser dans un bécher et noter le poids, ensuite verser-le à travers un entonnoir dans une éprouvette graduée et tapoter jusqu'à fixation du volume. La densité obtenue ou la masse volumique est égale à :

$$\rho = \frac{\text{masseduproduit}}{\text{volumecorrespondant}} \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right)$$

○ Détermination de la teneur en cendres

- 1 g de chaquetype de poudre a été pesé dans des creusets, qui sont placés ensuite dans un four à moufle à 600°C pendant 5h jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre.

- 1 g de chaque type de yaourt a été pesé dans des creusets, qui sont placés ensuite dans un four à moufle à 900°C pendant 1h30 min.

Le taux de minéraux est calculé selon la formule suivante:

$$Cd (\%) = \frac{M1-M2}{P} * 100$$

Soit :

Cd: Teneur en cendres (%).

M1 : Masse du creuset + cendres (g).

M2 : Masse du creuset vide (g).

P : Masse de la prise d'essai (g).

○ Détermination du taux de Brix

Une goutte de yaourt a été posée sur la lentille ; bien nettoyée ; du réfractomètre ATAGO numérique. Ensuite, la valeur du taux de Brix s'affiche sur l'écran au bout de 5 secondes.

○ Dosage des protéines

Un volume de 500 μ L d'extrait est additionné de 2mL du réactif de bradford. Une fois bien homogénéisé avec un vortex, le mélange est incubé à température ambiante pendant 20minutes. Les absorbances sont mesurés au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La teneur en protéines des différents extraits est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage avec la protéine du sérum albumine bovine (SAB) réalisées dans les mêmes conditions expérimentales que les échantillons.

Analyses spécifiques de l'eau de process

○ Détermination du Titre Hydrotimétrique TH (dureté)

Prélever 25 mL de l'échantillon à analyser et l'introduire dans un flacon, avec 10mL de la solution tampon (pH =10), ajouter 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré NET au mélange, ce qui provoque l'apparition d'une couleur rouge violée correspondant à un TH supérieur à 0° F,

ensuite titrer la solution rouge violée avec l'EDTA (0,0025N) jusqu'au virage de la couleur du milieu vers le bleu. Le résultat est exprimé en degré français (°F)(Manuel SOUMMAM).

$$\text{TH en } ^\circ\text{F} = C_b * N_{\text{EDTA}} / V_e * 100$$

C_b : Chute de la burette (mL)

N_{EDTA} : Normalité de l'EDTA

V_e : Volume de l'échantillon (mL)

○ **Détermination du taux de chlore Cl_2**

Prélever 10mL de l'eau de process à analyser ayant une température d'environ 20-25°C dans un flacon, ajouter une pastille du réactif DPD et agiter pendant 3min jusqu'à dissolution du réactif. Effectuer une mesure sur blanc avec le spectrophotomètre réglé à 530nm, ensuite remplir une cuve en verre avec la solution et mesurer. Le résultat obtenu exprime la concentration du chlore dans l'eau en mg/L (Manuel SOUMMAM).

○ **Détermination des chlorures Cl^- (méthode de MOHR)**

Verser 100 mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer, ensuite ajouter 10 gouttes de l'indicateur coloré de K_2CrO_4 qui a une coloration jaune, après titrer avec la solution de AgNO_3 à 0,02N, jusqu'à l'apparition de la coloration rouge brique(Manuel SOUMMAM). Le résultat est exprimé par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{(C_b - 0,4) * 0,02 * 35,453 * 100}{100} \text{ (mg/L)}$$

C_b : le volume de la chute de burette (mL).

○ **Détermination de la conductivité**

Ce paramètre est défini à l'aide d'un conductimètre par immersion de la sonde de l'appareil de mesure dans un flacon d'eau de process à analyser, le résultat s'exprime sur l'écran en $\mu\text{S/cm}$ (Manuel SOUMMAM).

Annexe n°2 : Récapitulatif des tests phytochimiques réalisés

Échantillon Paramètres	Matières premières		Produit fini
	Poudre P	Poudre E	
Dosage des polyphénols	X	X	X
Dosage des flavonoides	X	X	X
Dosage des flavonols	X	X	X
Dosage des caroténoïdes	X	X	
Dosage des tannins totaux	X	X	
Activité antioxydante totale (test au phosphomolybdate)	X	X	X
Pouvoir antiradicalaire	X	X	X

X : Analyse effectuée

Annexe n°3 : Protocoles d'analyses microbiologiques

Les analyses quantitatives et qualitatives sont réalisées à partir de la solution mère de l'échantillon ou de ses dilutions décimales le jour même de la fabrication du produit.

○ **Germes totaux**

La recherche de ces micro-organismes s'effectue par dénombrement sur le milieu PCA après incubation à 30°C pendant 3 jours (**Manuel SOUMMAM**).

Mode opératoire du dénombrement des germes totaux.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe et écorce de courge	Dilution (1g de poudre + 9ml bouillon peptone sel)	La somme des colonies
PDL (0%) et (26%)	Dilutions 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}	$\frac{\sum C}{(n1 + 0.1n2)d}$
Sucre	SM (40g+200ml ED stérile)	La somme des colonies
Lait cru	Dilutions 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}	$\frac{\sum C}{(n1 + 0.1n2)d}$

ΣC : Somme des colonies comptées.

n1: Nombre de boîtes retenues à la première dilution.

n2: Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution.

d: Taux dilution correspondant à la première dilution obtenue.

○ **Coliformes totaux**

Ils sont dénombrés sur la gélose VRBL incubée à 30°C pendant 24h (**Manuel SOUMMAM**).

Mode opératoire du dénombrement des coliformes totaux.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe et écorce de courge	Dilution (1g de poudre + 9ml bouillon peptone sel)	La somme des colonies
Lait cru	Solution mère (SM)	La somme des colonies
Produit fini	Prise d'essai	La somme des colonies $\times 2$

○ **Coliformes thermo-tolérants (fécaux)**

Le dénombrement de ces germes se fait sur la gélose VRBL à une température de 44°C pendant 24h (**Manuel SOUMMAM**).

Mode opératoire du dénombrement des coliformes fécaux.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe et écorce de courge	Dilution (1g de poudre + 9mL bouillon peptone sel)	La somme des colonies
Lait cru	Solution mère (SM)	La somme des colonies
Produit fini	Prise d'essai	La somme des colonies $\times 2$

○ **Levures et moisissures**

Le dénombrement des levures et moisissures se déroule sur la gélose YGC incubée à 22-25°C pendant 5 jours (**Manuel SOUMMAM**).

Remarque : Les préparations aux fruits subissent un enrichissement dans le bouillon Sabouraud incubé à 30°C pendant 2 jours, avant l'isolement sur la gélose YGC qui va être incubée à 30°C pendant 3 jours.

Méthode de recherche des levures et moisissures.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe et écorce de courge	Enrichissement et isolement	Présence ou absence dans 10g
Sucre	Dilution (40g de sucre + 200mL ED stérile)	La somme des colonies
Lait cru	Solution mère (SM)	
Produit fini	Prise d'essai	

○ **Salmonelles (Selon le JORA n°44, 2017)**

La recherche des salmonelles dans les poudres du lait (0%) et (26%) et le lait est réalisée en 3 étapes :

a- Pré-enrichissement : Peser 25 g de l'échantillon pour essai dans un flacon contenant 225mL d'eau peptonée, ensuite incubé à 37°C/24h.

b- Enrichissement : Prélever 1ml de la solution pré-enrichie dans un flacon de 100ml du milieu Muller-Kaufman, ensuite incubé à 37°C/24.

c- Isolement : Ensemencer en stries avec l'anse de platine à partir du milieu Muller-Kaufman sur 2 boîtes, la première est coulée avec le milieu BPLS et la deuxième avec le milieu HEKTOEN, et ensuite incubé à 37°C pendant 24h.

Expression des résultats : Les colonies de salmonelle prennent une coloration grise avec un centre noir.

○ **Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)**

Mode opératoire du dénombrement des CSR.

Produit	Echantillon	Résultat
PDL (0%) et (26%)	2mL de SM	Nombre de bactéries par g de produit
Lait cru	1mL de SM	
Sucre	1mL de SM	

○ **Germes acidifiants (GA)**

Le dénombrement des GA dans le sucre blanc cristallisé est réalisé sur le milieu de culture gélosé ou BCP, après la préparation de la SM du sucre (en diluant environ 40g dans 200mL eau distillée stérile EDS), verser 10mL de SM dans un flacon contenant la gélose BCP préalablement fondue refroidie à 45 °C, et homogénéiser le mélange. Répartir le contenu du flacon sur les boîtes de Pétri après refroidissement et incubé à 37°C pendant 5 jours.

Expression des résultats : Les colonies se manifestent par une coloration jaune sur le milieu BCP. Le nombre de GA correspond à la somme des colonies divisée par 2.

○ **Entérobactéries**

Le dénombrement des entérobactéries dans le lait cru se fait sur la gélose VRBG incubée à 37°C pendant 24h.

Déposer 1mL de l'échantillon pour essai dans une boîte de pétri stérile puis couler le milieu gélosé VRBG maintenu en surfusion, en double couche, et incubé à 37°C / 24h.

Expression des résultats : Les colonies se manifestent par une coloration violette sur le milieu VRBG. Le nombre d'entérobactéries correspond à la somme des colonies.

○ **Coliformes à 37°C**

Le dénombrement des coliformes totaux dans les poudres de lait (0%) et (26%) se déroule sur le milieu liquide BLBVB à 37°C.

Préparation de la solution mère et des dilutions décimales

Pour préparer la suspension mère, prélever un échantillon de 10g de produit et déposer dans un flacon contenant 90mL de solution Ringer, cette suspension correspond à la dilution 10^{-1} . Ensuite, transférer 1mL de la suspension mère dans un tube contenant 9mL du diluant peptone sel, on obtient ainsi la dilution 10^{-2} . Enfin, transférer 1mL de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9mL du diluant peptone sel, on obtient ainsi la dilution 10^{-3} .

Ensemencement du milieu

Ensemencer trois tubes de BLBVB avec 1mL chacun de la suspension mère, trois tubes avec 1mL chacun de dilution 10^{-2} , et trois tubes avec 1mL chacun de la dilution 10^{-3} en évitant d'introduire des bulles d'air dans les cloches de Durham, et incuber les tubes ensemencés à 30°C pendant 48h.

Expression des résultats : Le test est considéré comme positif, dans le cas où les tubes présentent une croissance (trouble, virage d'indicateur coloré) et la présence du gaz dans la cloche de Durham.

A partir des tubes positifs, on détermine le nombre le plus probable de bactéries coliformes par gramme de produit en se référant au tableau NPP le nombre le plus probable pour trois séries parallèles.

○ **Test de fermentation**

Pour les poudres du lait 0% et 26% :

Peser dans un flacon de 250 mL, 12,5 g de poudre de lait, ajuster avec l'eau de process à 100 mL, homogénéiser la solution obtenue jusqu'à dissolution complète de la poudre de lait puis mettre le lait reconstitué dans un bain Marie à 95 °C pendant 10 min, pour effectuer une pasteurisation et laisser le lait refroidir à 43 ± 2 °C et ensemencer avec environ 8 à 10 mL d'un yaourt étuvé, préalablement homogénéisé ensuite incuber à l'étuve à 43 ± 2 °C pendant 4 à 5 heures.

○ **Recherche d'antibiotique**

Ce paramètre est défini pour le lait cru par dépistage (Beta-Star) qui est un test rapide réalisé à la réception du lait cru et pour les poudres du lait par DELVOTEST. Ces tests permettent de détecter la présence de substances antibactériennes tels que les antibiotiques et les sulfamides dans le lait et poudre du lait.

❖ **Dépistage (Béta-Star) :**

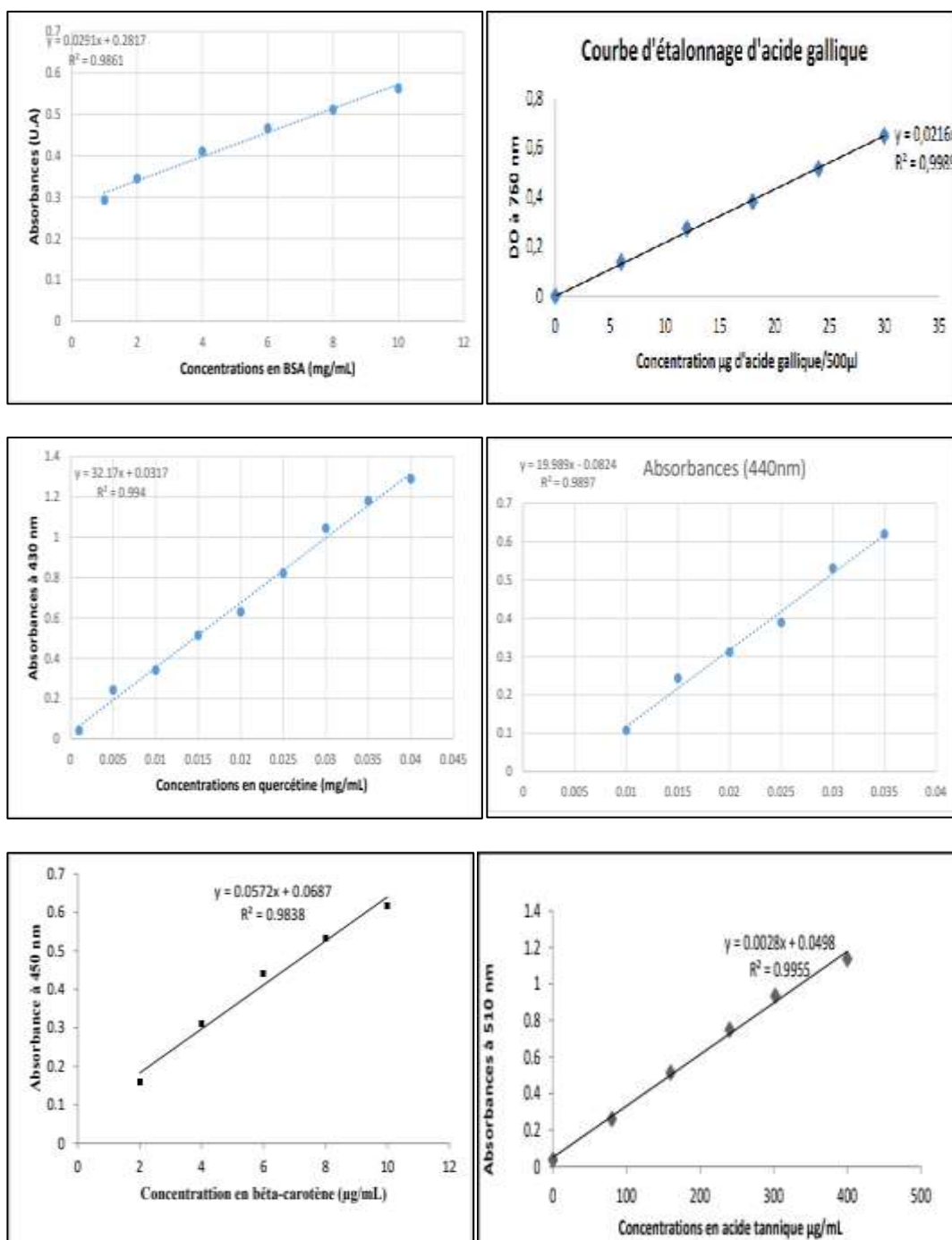
Cette méthode est basée sur des réactions chimiques avec des réactifs liés à des particules d'or. Le réactif permettra de lier toute substance antimicrobienne provenant de bêta-lactamines ou tétracyclines présentes dans le lait, la substance antimicrobienne bloque la migration ultérieure du réactif au milieu immunochromatographique et développant ainsi un test de coloration sur lignes.

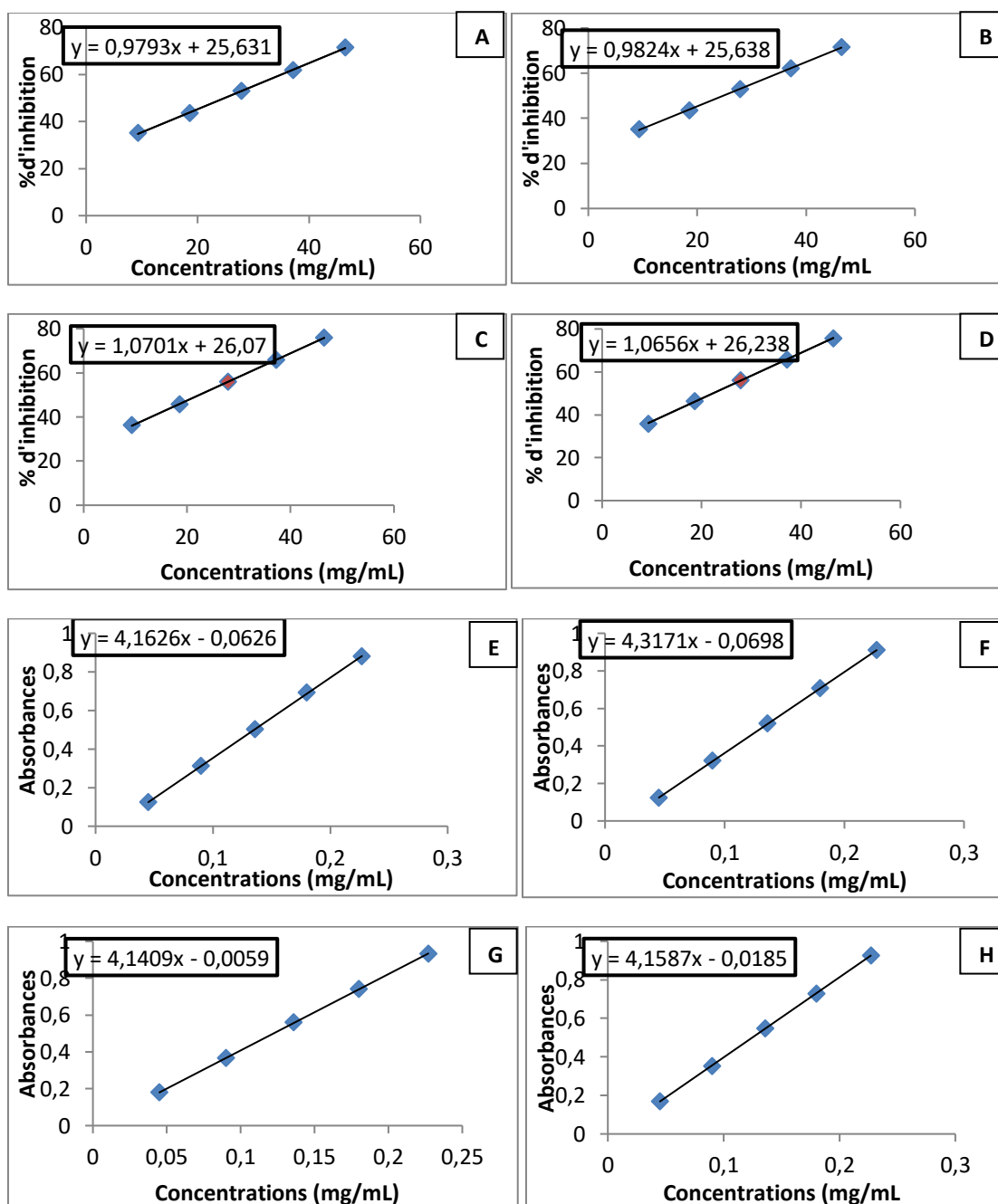
❖ **Delvo-test :**

Reconstituer 12.5g de poudre de lait dans 100mL d'eau de process dans un flacon et homogénéiser. Mettre l'incubateur Delvo-test sous tension à une température de 63.5 – 64.5 °C, ensemencer une ampoule SP-NT avec 1mL de l'échantillon préparé, placer l'ampoule dans l'incubateur pendant 2h 45min. Le résultat s'exprime en changement de couleur :

- Couleur jaune : absence d'antibiotiques.
- Couleur violette : présence d'antibiotiques.

Annexe n°4 : Courbes d'étalonnage des différents dosages



Annexe n°5 : Courbes utilisées pour détermination des IC₅₀

A : pulpe test au DPPH 1^{er} essai ; **B** : pulpe test au DPPH 2^{ème} essai ; **C** : écorce test au DPPH 1^{er} essai ; **D** : écorce test au DPPH 2^{ème} essai ; **E** : test au phosphomolybdate pulpe 1^{er} essai, **F** : test au phosphomolybdate pulpe 2^{ème} essai, **G** : test au phosphomolybdate écorce 1^{er} essai, **H** : test au phosphomolybdate écorce 2^{ème} essai.

Glossaire

L'arthrite : terme qui regroupe plus de 100 maladies caractérisées par l'inflammation des articulations et d'autres parties du corps. L'*inflammation* est un terme médical qui désigne la douleur, la raideur, la rougeur et l'enflure. Si elle n'est pas maîtrisée, l'inflammation peut causer des dommages importants, souvent permanents, dans les zones touchées, ce qui entraîne une perte de fonction et de l'incapacité.

L'apoptose : (ou **mort cellulaire programmée**) est le processus par lequel des cellules déclenchent leur autodestruction en réponse à un signal. C'est l'une des voies possibles de la mort cellulaire, qui est physiologique, génétiquement programmée, nécessaire à la survie des organismes multicellulaires.

L'hépatome : une tumeur primitive du foie qui peut être bénigne ou maligne. Elle se développe à la place des cellules du parenchyme. Ces cellules ont une capacité de sécrétion hormonale.

Maladies urinaires : sont le plus souvent des infections de la vessie, également appelées cystites. Dues à des bactéries, elles touchent plus souvent les femmes que les hommes car leur urètre, le canal qui relie la vessie à l'extérieur, est plus court. L'entrée de bactéries dans la vessie s'en trouve facilitée.

Maladie prostatique : Inflammation de la prostate : on appelle cela une prostatite, ou inflammation de la prostate. Les symptômes sont les brûlures lors de la miction, une forte fièvre, une grosse fatigue.

Remède antipyrétique : est destiné à faire baisser la fièvre, lorsque la température corporelle excède 37°C, quelle que soit la cause de la fièvre.

Remède analgésique : médicament utilisé pour éliminer la douleur. Ils sont utilisés généralement pour traiter les douleurs aiguës et chroniques.

Convulsion : secousse et/ou raidissement musculaire violent, involontaire impliquant une grande partie du corps.

Dystrophie maculaire : maladie rétinienne d'origine génétique qui provoque une dégénération précoce de la macula. Cela peut se produire à l'âge adulte, chez les jeunes ou même chez les enfants, tout dépend de la gravité des dommages causés par cette anomalie génétique.

Crampe : est une contraction brutale, courte, inattendue et généralement douloureuse d'un muscle ou d'un ensemble de muscles. Les crampes musculaires peuvent être un symptôme de dysfonctionnement du système nerveux.

Distension abdominale : peut indiquer la présence d'une affection intra-abdominale ou systémique grave, mais elle constitue aussi un symptôme fréquent de maladies bénignes telles que le côlon irritable.

L'hypertension : est une élévation pathologique de la tension artérielle qui augmente significativement les risques d'infarctus du myocarde, d'accident vasculaire cérébral et d'insuffisance rénale, notamment.

L'obésité : est une maladie non transmissible qui se caractérise par un excès de graisse corporelle résultant d'un apport énergétique issu de l'alimentation largement supérieur aux besoins de l'individu concerné.

Maladie de Crohn : maladie inflammatoire chronique de l'intestin avec la rectocolite hémorragique. Elle est liée à une hyperactivité du système immunitaire digestif.

Colite ulcérate : maladie inflammatoire de l'intestin chronique caractérisée par une ulcération fine de la muqueuse interne du gros intestin. L'inflammation débute dans la partie inférieure du côlon, juste au-dessus de l'anus, et progresse vers le haut à des distances variables.

Maladie coronarienne : se déclenche lorsque l'approvisionnement en sang du muscle cardiaque (appelé myocarde) est interrompu ou bloqué. La cause la plus courante est l'obstruction des artères coronaires par une accumulation de matières grasses, le « mauvais » cholestérol.

Résumé

La présente étude vise à explorer l'impact de l'enrichissement d'un produit laitier avec une variété de citrouille « *Cucurbita pepo* » utilisée comme plante médicinale en vu de sa richesse en composés bioactifs et en éléments nutritionnels, avantageux pour la santé du consommateur. Ainsi, les poudres de pulpe et d'écorce de cette variété ont été utilisées comme ingrédients dans l'élaboration d'un yaourt brassé fonctionnel. Ces poudres ont été analysées du point de vue propriétés physico-chimiques (pH, acidité, humidité et cendres), microbiologiques (germes totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux, levures et moisissures), teneurs en antioxydants (composés phénolique totaux, flavonoïdes, flavonols, tannins totaux et caroténoïdes) et activités antioxydantes (DPPH, test au phosphomolybdate). La préparation des yaourts enrichis a été réalisée à l'échelle du laboratoire de la laiterie SOUMMAM en respectant un diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec l'ajout des poudres de pulpe et d'écorce de *C. pepo* à différents pourcentages : 0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; et 1%. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des différents yaourts ont donné des résultats conformes aux normes de l'entreprise. Tous les extraits de yaourts manifestent également une plus grande teneur en antioxydant set activité antioxydantes qui augmente avec le taux d'incorporation des poudres de pulpe et d'écorce de *C. pepo*. Les résultats de l'analyse sensorielle et hédonique ont montré la préférence des yaourts enrichis avec 0,5% de la poudre de pulpe, et 1% de la poudre d'écorce de *C. pepo* et que ceux enrichis à la pulpe étaient plus préférés à ceux de l'écorce.

Mots clés : *Cucurbita pepo*, yaourt, enrichissement, antioxydants, activité antioxydante, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques, analyse sensorielle.

Abstract

The present study aims to explore the impact of the enrichment of a dairy product with a variety of pumpkin "*Cucurbita pepo*" used as a medicinal plant in view of its richness in bioactive compounds and nutritional elements, advantageous for the consumer health. Thus, the pulp and bark powders of this variety have been used as ingredients in the development of a functional stirred yogurt. These powders were analyzed from the point of view of physico-chemical properties (pH, acidity, humidity and ash), microbiological (total germs, total coliforms, faecal coliforms, yeasts and molds), antioxidant contents (total phenolic compounds, flavonoids, flavonols , total tannins and carotenoids) and antioxidant activities (DPPH, phosphomolybdate test). The preparation of the enriched yogurts was carried out on the scale of the laboratory of the SOUMMAM dairy, respecting a production diagram of a standard yogurt with the addition of *C. pepo* pulp and bark powders at different percentages: 0 .25, 0.5, 0.75, and 1%. The physico-chemical and microbiological analyzes of the various yogurts gave results in line with company standards. All yogurt extracts also show a higher antioxidant content and antioxidant activity which increases with the rate of incorporation of *C. pepo* pulp and bark powders. The results of the sensory and hedonic analysis showed the preference of yogurts enriched with 0.5% of the pulp powder, and 1% of the bark powder of *C. pepo* and that those enriched with the pulp were more preferred to those of the bark.

Keywords: *Cucurbita pepo*, yogurt, enrichment, antioxidants, antioxidant activities, physicochemical analysis, microbiological analyzes ; sensory analysis.