

Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Spécialité Production et transformation laitière



Réf :

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

MASTER

Thème

**Aromatisation du lait par la goyave
(*Psidium guajava*)**

Présenté par :

GUERRI Nadra & HAMMACHE Souhila

Soutenu le : 22 Septembre 2021

Devant le jury composé de :

Mme CHOUGUI. N
Mme AOUDIA. H
Mme BOUDJOU. S

Professeur	Président
MCA	Encadreur
MAA	Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021

Remerciements

Remerciements

Nous remercions en premier lieu, le bon Dieu, le tout puissant de nous avoir donné la santé, la force, le courage nécessaire et toute la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux personnes, qui grâce à leur aide, notre travail a vu le jour :

*Nous remercions vont à notre promotrice, **Mme Aoudia H** pour avoir accepté de diriger ce travail et pour tous ses conseils avisés.*

*Nous adressons aussi nos vifs remerciements à **Mr Amazouz H** le directeur général de La Laiterie Amizour **GIPLAIT**, pour son accueil au sein de son entreprise, et à le personnel et les responsables du laboratoire, pour leurs entières disponibilités et coopération lors de la réalisation de cette présente étude.*

*Nos remerciements vont également aux membres du jury, **Mme Chougui N**, Et **Mme Boudjou S**, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner ce mémoire,*

A toute l'équipe du laboratoire de Nutrition et Alimentation,

Enfin, à tous ceux et celles qui nous ont aidé de près ou de loin, qu'ils trouvent ici toutes notre sympathie et notre profonde gratitude.

Dédicace

*Je dédie mon travail à celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse ma chère maman,
pour son soutien qui m'a donné l'amour et le courage durant toute mes années d'étude.*

*A mon cher papa, qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la
période de mes études.*

A mes chers frères, et à mes chères sœurs

A toute ma famille, et tous mes proches sans exception

A mes amis les plus intimes, surtout à Cylia

A ma collègue et ma chère copine Nadra

A toute la promotion de production et transformation laitière 2020/2021.

Souhila

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chers frères et mes chères sœurs, pour leurs encouragements permanents, et leurs soutiens.

A toutes ma famille et mes proches

A ma chère collègue Souhila, et à sa famille

A toute la promotion de production et transformation laitière 2020/2021.

Nadra

*Liste des
abréviations*

Liste des abréviations

- **%** : Pourcentage
- **µl** : Microlitre
- **µm** : Micromètre
- **AFNOR** : Association Française de NORmalisation
- **BHA** :ButylHydroxylAnisole
- **BHT** :HydroxytoluèneButylé
- **°C** : Degré Celsius
- **Cm** : Centimètre
- **°D** : Degré Dornic
- **FAO** : Food and Agriculture Organisation
- **ED** : Eau distillée
- **EDTA**:Ethyl Diamine Tétra Acétique
- **EST** : Extrait Sec Total
- **Eq AA** : Equivalent Acide Ascorbique
- **Eq AG** : Equivalent Acide Gallique
- **Eq CAT** : Equivalent Catéchine
- **Eq Q** : Equivalent quercetine
- **g** : gramme
- **g/l** : gramme par litre
- **H** : heure
- **J.O.R.A** : Journal Officiel de la République Algérienne
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **Kcal** : Kilo calorie
- **Kg** : kilogramme
- **Kj** : kilojoule
- **l** : litre
- **LPC** : Lait Pasteurisé Conditionné
- **MG** : Matière Grasse
- **mg** : milligramme
- **mg/l** : milligramme par litre
- **min** : Minute
- **ml** : millilitre
- **MS** : Matière Sèche
- **N** : Normalité
- **nm** : nanomètre
- **pH** : potentiel Hydrogène
- **PTS** : Phénols Totaux Solubles
- **S** : Seconde
- **Tr/min** : tour par minute
- **TSS** : Taux des Solides Solubles
- **UHT** : Ultra Haute Température

*Listes des figures
et des tableaux*

Liste des figures :

N° de figure	Titre	Page
01	Différentes parties de goyavier	03
02	Fruit de goyavier légendé	04
03	Carte de distribution de la goyave par le monde	04
04	Utilisation de la goyave (<i>Psidium guajava</i>)	06
05	Différentes étapes de préparation des échantillons	16
06	Protocole d'extraction des composés bioactifs	21
07	Protocole de dosage des composés phénoliques totaux	22
08	Réaction du chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes	23
09	Protocole de dosage des flavonoïdes	23
10	Réaction de la vanilline avec les tanins condensés	24
11	Protocole de dosage des tanins condensés	24
12	Activité antioxydant de chélation du fer ferreux	25
13	Protocole de l'activité pouvoir réducteur du fer	26
14	Réduction du radical DPPH	27
15	Protocole du pouvoir anti-radicalaire du DPPH	28
16	Evaluation du Brix et du pH des laits incorporés avec le jus de goyave	30

17	Evaluation du pH et de l'acidité au cours de stockage réfrigéré	31
18	Teneur en phénols totaux des laits incorporé du jus de fruit de goyave	33
19	Teneur en flavonoïdes des laits incorporé du jus de fruit de goyave	34
20	Teneur en tanins condensés des laits incorporé du jus de fruit de goyave	35
21	Chélation de fer ferreux dans les laits incorporé du jus de fruit de goyave	36
22	Pouvoir réducteur du fer dans les laits incorporé du jus de fruit de goyave	37
23	% d'inhibition d'activité anti-radicalaire des laits incorporé du jus de fruit de goyave	38

Liste des tableaux :

N° de tableau	Titre	Page
I	Classification de la goyave (<i>Psidium guajava</i>)	04
II	Composition en nutriments pour 100 g de goyave	05
III	Les principaux producteurs de la goyave dans le monde	06
IV	Composition moyenne du lait de vache	11
V	Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache	11
VI	Tableau récapitulatif de la composition de 3 laits préparés à base du jus de goyave	16
VII	Paramètres physico-chimique du jus de goyave	29
VIII	Résultats des analyses physico-chimiques du lait aromatisé	30
IX	Résultats de mise en évidence de quelques métabolites secondaires dans les extraits des laits aromatisés	33

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le goyavier (*Psidium goajava*)

1. Caractéristiques morphologiques.....03
2. Origines et répartition géographique.....04
3. Classification systématique.....05
4. Variétés de *Psidium*.....05
5. Valeurs nutritionnelles et bienfaits.....06
6. Utilisation de la goyave.....07
 - 6.1. En alimentation humaine.....07
 - 6.2. En médecine traditionnelle.....07
7. Culture de goyave en monde et en Algérie.....08
 - 7.1. En monde.....08
 - 7.2. En Algérie.....09

II. Généralités sur le lait

1. Définition du lait.....10
2. Composition chimique du lait.....10
3. Caractéristiques physico-chimiques du lait.....12
4. Caractéristiques organoleptiques du lait.....13
5. Valeur nutritionnelle.....13
6. Les laits commercialisés.....14
 - 6.1. Lait pasteurisé.....14
 - 6.2. Lait stérilisé.....14
 - 6.3. Lait concentré.....14

6.4. Lait fermenté.....	15
6.5. Lait aromatisé.....	15
6.6. Lait en poudre.....	15

Partie expérimentale

I. Matériel et Méthodes

1. Objectif du travail.....	16
2. Lieu du travail.....	16
3. Matériel végétal.....	16
3.1. Origine et provenance de l'échantillon.....	16
3.2. Préparation des échantillons.....	16
3.3. Préparation du lait aromatisé.....	17
4. Analyses physico-chimiques de jus de goyave et du lait aromatisé.....	17
4.1. Mesure du pH.....	17
4.2. Détermination de l'acidité titrable.....	18
4.3. Détermination de la densité.....	18
4.4. Détermination de la teneur en matière grasse.....	19
4.5. Détermination de taux d'humidité.....	19
4.6. Détermination de degré de réfraction (Brix).....	19
4.7. Suivi de l'acidification du lait aromatisé au cours de stockage.....	20
5. Extraction et dosage des composés bioactifs.....	20
5.1. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires.....	20
5.1.1. Les saponines.....	20
5.1.2. Les tanins.....	20
5.1.3. Les alcaloïdes.....	21
5.1.4. Les terpénoïdes.....	21
5.2. Extraction des composés phénoliques totaux.....	21
5.3. Dosage des composés phénoliques.....	22
5.3.1. Dosage des composés phénolique totaux (CPT).....	22
5.3.2. Dosage des flavonoïdes.....	23
5.3.3. Dosage des tanins condensés.....	24
5.4. Evaluation de l'activité antioxydant.....	25
5.4.1. Chélation de fer ferreux.....	25
5.4.2. Pouvoir réducteur du fer.....	26

5.4.3. Pouvoir anti-radicalaire DPPH.....	27
6. Analyse statistique.....	28
II. Résultats et discussion.....	29
1. Caractéristiques physico-chimique du jus du fruit de goyave	29
2. Caractéristiques physico-chimiques du lait aromatisé.....	30
3. Évolution du pH et de l'acidité au cours de stockage réfrigéré.....	31
4. Dosage des composés bioactifs.....	32
4.1. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires.....	32
4.2. Teneur en composés phénoliques.....	32
4.2.1. Teneur en composés phénoliques totaux (CPT).....	33
4.2.2. Teneur des flavonoïdes.....	33
4.2.3. Teneur en tanins condensés.....	34
4.3. Evaluation de l'activité antioxydant.....	35
4.3.1. Chélation du fer ferreux.....	35
4.3.2. Activité du pouvoir réducteur du fer.....	36
4.3.3. Pouvoir anti-radicalaire DPPH.....	37
Conclusion.....	39

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Les produits laitiers sont connus depuis la noétique, et la demande en matière de lait et des autres produits laitiers augmente plus vite que la demande en viande. La FAO estime que la consommation de lait par habitant dans le monde en développement aura augmenté de 1,3% par an entre 1999 et 2030, soit une augmentation de 50% en 30 ans (**FAO, 2007**).

En Algérie, comme un peu partout dans le monde, le lait occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire, en raison de ses qualités nutritionnelles.

Les laits aromatisés sont une autre manière de consommer le lait tout en bénéficiant de ses atouts. Ils sont particulièrement appréciés par les plus jeunes, Ils leur apportent les nutriments indispensables au bon déroulement de leur croissance en alliant plaisir gustatif et apport nutritionnel (**Henri, 2021**).

Selon les grandes études nutrition santé et produits laitiers, les buveurs de lait aromatisé ont des apports en nutriments significativement plus élevés et couvrent mieux leur besoin en calcium, si le lait aromatisé est proposé dans les bons parfums, formats et formulation, il peut satisfaire une multitude de besoins liés à la santé, la nutrition et au style de vie (**Camille, 2013**).

Par ailleurs, le développement important des plantes, fruits et légumes au cours des dernières années a particulièrement suscité l'intérêt des consommateurs ainsi que des nutritionnistes (**Pincemail et al., 2007**).

Le goyavier (*Psidium guajava*) est l'un des arbres à fruits les plus complets que nous a offerts la nature. C'est un excellent fruit tropical aux nombreuses vertus médicinales. Les nutritionnistes le qualifient souvent de « super-fruits » en raison de ses composés bioactifs diversifiés et de sa remarquable activité antioxydant (**Joseph et Priya, 2011**).

Des études pharmacologiques ont prouvé ses activités antidiarrhéiques, antidiabétiques, antimicrobiennes, anti-allergiques, anti-plasmodiales, antispasmodiques, anti-inflammatoire et se sont révélées également efficaces dans les troubles cardiovasculaires (**Upadhyay et al., 2019**).

En réponse aux demandes de consommateurs de plus en plus soucieux de leur santé, les industries alimentaires traduisent les informations nutritionnelles en développant des produits

alimentaires qui offrent non seulement un attrait sensoriel supérieur, mais également des avantages nutritionnels pour la santé (Yun *et al.*, 2007).

L'objectif de notre travail, est d'étudier la possibilité d'incorporation d'un jus pulpeux extrait de la goyave (*Psidium goajava*) dans un lait partiellement écrémé, afin d'améliorer sa valeur nutritionnelle, et d'évaluer l'effet de cet enrichissement sur la qualité physico-chimique et nutritive du nouveau produit obtenu, qui est un lait aromatisé à la goyave.

Notre travail s'articule selon le plan suivant :

- La première partie évoque les revues bibliographiques concernant des généralités sur la matrice végétale utilisée (*Psidium guajava*), ses caractéristiques et sa valeur nutritionnelle, ainsi que des généralités sur le lait.
- La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisées lors de préparation des échantillons, l'aromatisation du lait par le jus de goyave à différentes concentrations, l'étude physico-chimique et l'évaluation de l'activité antioxydant du produit fini.
- La troisième partie expose l'ensemble des résultats obtenus avec leur discussion.

Synthèse
bibliographique

1. Caractéristiques morphologiques

Arbre : Le goyavier est un arbre de taille moyenne qui peut atteindre 8 mètres, et qui s'étaler sur un diamètre équivalent dans des conditions très humides. Le tronc est court et les branches rayonnent franchement dès la base. L'écorce est douce, de couleur brun verdâtre (Figure 01-A) (Michel, 2018).

Feuilles : Les feuilles (Figure 01-B), sont larges et de couleur vert clair ont des nervures claires et proéminentes arrangées en paires, la face intérieure est douce et la face inférieure couverte de poils fins. Ces feuilles mesurent entre 10 et 18 cm de long et sont de forme ovale (Arima et Danno, 2002).

Fleurs : Les fleurs de goyavier apparaissent seules ou en groupe de deux ou trois au niveau de l'axile de la nouvelle pousse ou de la précédente, elles sont hermaphrodites et blanches aux pétales incurvés (Figure 01-C), ayant un joli parfum avec quatre ou cinq pétales et des anthères de couleur jaune (Naseer *et al.*, 2018).

Fruit : Le fruit de la goyave est une baie piriforme à chair pulpeuse, varie de petite à moyenne avec une longueur de 3 à 6 cm (Figure 01-D). La couleur de la peau est jaune à maturité (Das, 2011). Elle présente une zone extérieure assez ferme et sans graines, et une zone intérieure gélifiée entourant de nombreuses graines dures implantées dans la pulpe, de couleur jaunâtre et mesurent entre 3 et 5 mm de long (Figure 02).

La taille des graines est très petite, disposés en motifs réguliers, leur nombre va de 112 à 535 (Kumar, 2011). La chair prend des couleurs rose, saumon, blanche ou jaune, et sa texture varie de rugueuse à douce.



Figure 01 : Différentes parties du goyavier (*Psidium guajava*) ; A : arbre, B : feuille, C : Fleur, D : Fruit (Adrian, 2012)



Figure 02 : Description morphologique du *Psidium guajava*

2. Origine et répartition géographique

Le goyavier (*Psidium guajava*), est apparu sous les tropiques américains, il est probablement originaire du Pérou, et il s'est répandu très rapidement à travers le continent tropical américain jusqu'au Mexique (Fabrice et Christian, 2008). Il existe donc à l'état sauvage et à l'état cultivé en Inde, au Mexique, au Brésil, à Cuba, au Venezuela, en Australie et en Afrique du Sud. Les explorateurs espagnols ont importé la goyave aux Philippines et les Portugais l'ont par la suite importée en Inde (Mitra *et al.*, 2012).

Cet arbre fruitier a été introduit aussi avec succès dans les régions d'altitude en Afrique centrale, où l'on peut trouver les mêmes conditions climatiques tropicales que dans sa région d'origine (Figure 03).



Figure 03 : Carte de distribution de la goyave dans le monde (ocf.berkeley.edu)

3. Classification systématique

Psidium guajava est l'espèce de goyave le plus connu, le tableau suivant (Tableau I) représente sa classification et son nomenclature.

Tableau I : Classification de la goyave (Dakappa *et al.*, 2013)

Noms scientifique:	
<i>Psidium guajava</i>	
Noms communs :	
Anglais:	Guava
Français	Goyavier
Arabe	El'Djewaffa
Position taxonomique :	
Règne :	Plantae
Sous-règne :	Tracheobionta
Famille :	Myrtaceae
Domaine :	Eukaryota
Division :	Spermatophyta
Sous division :	Angiospermae
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Rosidae
Ordre:	Myrtales
Genre :	Psidium
Autres Dénominations employées :	
<i>Psidium aromaticum</i>	
<i>Psidium cujavillus</i> Burm.f.	
<i>Psidium pumilum</i> Vahl	

4. Variétés de *Psidium*

Le genre *Psidium* comprend environ 150 espèces, mais seulement une vingtaine produisent des fruits couramment consommés, qui diffèrent beaucoup entre elles par leur goût et leur aspect. L'espèce la plus largement cultivée est la goyave commune (*Psidium guajava*).

D'autres variétés cultivées comprennent :

- **La goyave fraise de chine (*Psidium cattleianum* Sabine)** : est une baie sphérique, de couleur pourpre, qui possède une pulpe blanche et parfumée.
- **La goyave du Costa Rica (*Psidium friedrichsthalianum*)** : la coronille est une baie globuleuse, de couleur jaune. Elle possède une pulpe bien que très parfumée, est très acide.

- *Psidium Pyrifera* (*pirifera*) : elle ressemble à une poire, cette variété se caractérise par la couleur de sa pulpe qui peut être de différentes couleurs rose, jaune ou blanche, elle est particulièrement sollicitée dans la confection de confiture et de gelée.
- *Psidium Pomiferum* (*pomifera*) : elle a un aspect semblable à la pomme dont la chair rose saumon se distingue par son parfum musqué et agréable (Flores *et al.*, 2013).

5. Valeurs nutritionnelles et bienfaits

La goyave, est un fruit qui apporte des quantités intéressantes en nutriments (Tableau II), elle est souvent incluse parmi les super fruits riche en vitamine C, elle peut l'offrir quatre fois plus qu'une orange (Hassimitto et Lajolo, 2005), elle se caractérise par une teneur exceptionnelle : 243 mg en moyenne, et jusqu'à 450 mg, voire même plus de 900 mg aux 100g dans certains cas elle est 4 à 5 fois supérieure à celle des agrumes, et 2 à 3 fois plus élevée que celle du kiwi. En plus à la vitamine C, ce fruit étonnant apporte aussi de bonnes quantités en vitamine A, ces deux vitamines (A et C), ayant des propriétés antioxydants, permettrait de lutter contre l'oxydation cellulaire ; l'inhibition de la croissance des cellules cancéreuses par le lycopène ; défense contre les infections virales et bactériennes ; protection de la paroi des vaisseaux sanguins et assimilation du fer (Dignan *et al.*, 2004).

Avec 68 kcal pour 100 g, la goyave est un fruit modérément calorique et qui fournit à l'organisme des glucides facilement et rapidement assimilables. Elle est également une bonne source de protéines végétales essentielles au développement et à l'entretien de la masse musculaire (Zubiria, 2021).

Composée d'eau à plus de 83 %, la goyave a également des vertus hydratantes, et des fibres alimentaires indispensables au fonctionnement digestif et au bien-être intestinal. D'autres part, la goyave a aussi un contenu élevé en polyphénols ; tanins triterpènes ; avonoïdes β ; huiles essentielles ; saponines ; caroténoïdes ; lectines et acides gras. Les fruits de goyave sont également une bonne source, de calcium, magnésium, fer et potassium (Suntt, 2005).

Dans une étude, la consommation de goyave a permis d'augmenter les taux de cholestérol HDL, bénéfiques pour la santé du cœur. La goyave contient de la pectine, une fibre soluble reconnue pour jouer un rôle au niveau des taux de cholestérol sanguins (Shivani, 2021).

Tableau II : Composition en nutriments pour 100 g de goyave (Zubéria, 2021)

Nutriments	Teneur moyenne
Calories	68 kcals
Eau	83,5 g
Glucides	9,02 g
Protéines	1,59 g
Lipides	0,73 g
Fibres alimentaires	5,15 g
Vitamine C	228 mg
Vitamine A	31 mg
Potassium	308 mg

6. Utilisation de la goyave

a. En alimentation humaine :

La goyave est un fruit hautement périssable, consommé en fruits : desserts ou salade de fruits, ou utilisé pour fabriquer une variété d'articles transformés (Figure 04), notamment des boissons ; sirop ; confitures ; jus ; nectar ; gelée et des produits déshydraté et en conserve (Shivani et Anjan, 2021).

Sa saveur unique se marie particulièrement bien avec les autres fruits exotiques, le citron vert ou encore le lait de coco. Autant de pistes à explorer pour créer de délicieuses recettes parfumées (Zubiria, 2021).

b. En médecine traditionnelle

Psidium guajava, est une culture vivrière importante, consommé non seulement comme aliment mais aussi comme médicament populaire dans les pays tropicaux et subtropicaux du monde entier, en raison de ses activités pharmacologiques (Deguchi et Miyazaki, 2010).

Les pays qui utilisent depuis longtemps les plantes médicinales utilisent également la goyave à un niveau élevé comme le Mexique, l'Afrique, l'Asie et l'Amérique centrale. Ils aident à guérir les cellules cancéreuses et à prévenir le vieillissement cutané avant l'heure (Anand *et al.*, 2016).

La goyave est fréquemment utilisée dans de nombreuses régions du monde pour le traitement de nombreuses maladies, telles que la diarrhée, réduisant la fièvre, la dysenterie, la gastro-entérite, l'hypertension, le diabète, les caries, le soulagement de la douleur et les plaies. Nombreuses études pharmacologiques, ont démontrés la capacité de cette plante à présenter des activités antioxydantes, hépatoprotectrices, antiallergiques, antimicrobiennes, antigénotoxiques, antiplasmodiales, cardioactives, antidiabétiques, anti-inflammatoires et antinociceptives, soutenant ses usages traditionnels (Thaipong *et al.*, 2006).



Figure 04 : Utilisation de la goyave (*Psidium guajava*)

7. Culture de goyave dans le monde et en Algérie

c. Dans le monde

Aujourd'hui, la goyave pousse dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux, y compris certaines régions méditerranéennes. En Europe, la goyave est cultivée en Espagne, au Portugal et dans le sud de la France. Aux États-Unis, la goyave se trouve en Californie, en Floride et à Hawaï. Dans son habitat d'origine, le centre et le nord de l'Amérique du Sud, la goyave prospère bien au Mexique, au Panama, au Salvador, au Costa Rica, au Nicaragua, en Bolivie et au Brésil. Dans certaines régions, comme Hawaï, la Malaisie, l'Indonésie et les Philippines, la récolte a été naturalisée. Les graines sont disséminées par les oiseaux dans la mesure où la culture a été considérée comme une mauvaise herbe nuisible des pâturages et des friches. Au Mexique, la goyave est une culture très importante, qui est cultivée sur 36 447 acres. Selon les archives, la première plantation de goyaviers lucrative était réputée vers 1912 en Floride à Palma Sola (Morton, 2004), et sa distribution est maintenant pantropicale (Fabrice et Christian, 2008).

Les principaux producteurs de goyave dans le monde sont l'Inde, le Brésil et le Mexique (Tableau III). Les autres principaux pays sont l'Afrique du Sud, la Jamaïque, le Kenya, Cuba, les États-Unis (principalement la Floride et Hawaï), l'Égypte, la Colombie et les Philippines (Anonyme, 2021).

Tableau III : Les principaux producteurs de la goyave dans le monde (Anonyme, 2021).

Pays	Quantité cultivée (en tonnes métriques)
Inde	200000
Mexique	175000
Cuba	90714
Égypte	34000
Afrique du Sud	13000

d. En Algérie

Selon un article publié en 2009 sur « Info soir », la goyave est un fruit exotique, qu'on ne trouve en Algérie, qu'à Fouka (wilaya de Tipaza). En septembre et octobre, c'est la saison des goyaves communément appelée par la population locale « les goyabes » ou « Djewaffa » au Moyen-Orient. Il a été introduit à la fin des années 1970 à titre d'expérimentation, selon Hadj Ahmed Hamada, le seul agriculteur en Algérie à se spécialiser dans la culture de ce fruit. Certains affirment que ce fruit a été introduit en Algérie directement du Moyen-Orient, d'autres pensent qu'il a été ramené d'Amérique Latine par les colons. Cette dernière hypothèse est la plus plausible puisque certaines maisons coloniales de Fouka ont toujours eu un ou deux goyaviers dans leurs jardins. Il a même été planté au Jardin d'Essais du Hamma, à Alger, d'après un agronome. En 1978, il a été créé un verger de 2 hectares au niveau d'un ex-domaine agricole social à Fouka, qui relevait à l'époque de la wilaya de Blida. Aujourd'hui porte le nom de Domaine M'seguem-Abdelkader, sur la route de Douaouda. Abandonné en 1987, il a été repris en 1991 par Hadj Hamada pour pouvoir préserver ce fruit exotique (Souad,2009).

1. Définition du lait

Le lait destiné à l'alimentation humaine a été définie au cours du 1^{er} congrès international pour la répression des fraudes alimentaire tenu à Genève comme « produit intégral de traite total et interrompue d'une femelle laitière bien portante non surmenée bien nourrie, il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum ». Selon le journal officiel de la république démocratique algérienne, la dénomination « Lait » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (**J.O.R.A, 1993**).

2. Composition chimique du lait

La composition du lait varie selon différents facteurs liés aux : l'espèce animale ; la race animale ; la période de lactation ; la saison ; l'alimentation et l'âge de l'animal. Quatre composants sont dominants du point de vue quantitatif : l'eau ; les matières grasses ; les protéines et le lactose ; les composants mineurs sont : la matière saline ; les vitamines ; les enzymes et les gaz dissous (Tableau IV) (**Ramet, 1985**).

Eau

C'est le principal constituant du lait, il représente environ 80 % du lait. Son caractère lui permet de fournir une solution variée avec les glucides, les minéraux et une colloïdale avec les protéines (**Bouvier, 1993**).

Glucides

Le lait contient des glucides essentiels représentés par le lactose, le constituant le plus abondant après l'eau, il constitue environ 40 % des solides totaux (**Mathieu, 1999**). C'est un sucre spécifique du lait.

Matière grasse

La matière grasse est un composant naturellement présent dans de nombreux aliments et constitue une partie essentielle de notre alimentation. Présente dans le lait sous forme de globule gras de diamètre de 0,1 à 10 µm, elle est constituée essentiellement de triglycérides (98%), 65 % d'acide gras saturés et de 35 % d'acide gras insaturés (**Jeanet et al., 2008**).

Matière protéique

Les matières protéiques du lait, sont représentées principalement par lactosérum qui est la protéine caractéristique du lait. La caséine entière (groupe protéique qui précipite à pH 4,6 à 20 °C) représente 80 % des protéines du lait et se présente sous une forme micellaire (**Adrian, 1973**).

Matière non protéique

La matière azotée non protéique se trouve en petite quantité dans le lait, elle représente environ 5 % des matières azotées totales du lait, mais en valeur absolue elle est plus faible (0,15 g N/litre) (**Alais et Blanc, 1975**). Ce sont des protéines qui appartiennent à plusieurs familles chimiques, le plus important est l'urée (30 à 80 %), comme on trouve aussi des acides aminés libres, des peptides et des bases organiques (**Mietton et al., 1994**).

Les minéraux

Le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. C'est la principale source alimentaire de calcium et de phosphore, contient aussi de magnésium, sodium, potassium, phosphate, chlorure et citrate (**FAO, 1998**).

Vitamines

Le lait figure parmi les aliments qui contiennent la plus grande variété de vitamines, les vitamines hydrosolubles (vitamines B et C), et les vitamines liposolubles (A ; D ; E ; K) (**Jeantet et al., 2008**). Toute fois les teneurs sont souvent assez faible (**Juilliard et Richard, 1996**).

Les enzymes

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases ; les déshydrogénases (ou oxydase) et les oxygénases, ce sont des substances organiques produites par les cellules qui agissent comme catalyseur des les réactions biochimique (**Kitchen et al., 1970**).

Gaz dissous

Il existe aussi dans le lait des gaz dissous qui sont le gaz carbonique, l'oxygène, l'azote, dont 4 à 5 % du volume du lait se retrouve à la sortie de la mamelle (**Pougheon, 2001**).

La composition chimique du lait de vache est représentée dans le tableau suivant :

Tableau IV : Composition moyenne de lait de vache (Alais *et al.*, 1984)

Constituant	Concentration (g/l)
Eau	905
Glucide : Lactose	49
Lipides	35
Matière grasse	34
Caséines	27
Protéines solubles	5,5
Acide phosphorique	2,6
Acide citrique	2
Substances azoté non soluble	1,5
Vitamines, enzymes, gaz dissous	Traces

3. Caractéristiques physico-chimiques du lait

Les caractéristiques physico-chimiques du lait sont plus ou moins stables, elles dépendent soit de l'ensemble des constitutions comme la densité, soit des substances en solution comme le point de congélation ou encore des concentrations comme le pH et l'acidité (Alais, 1984).

Les principales propriétés physico-chimiques déterminées dans les industries laitières, et leurs valeurs caractérisant sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau V : Caractéristiques physico-chimiques du lait de vache (Alais, 1984)

Caractéristiques	Valeurs
Densité à 20 °C	1,028 - 1,033
Densité de matière grasse	0,94 - 0,96
Acidité Dornic (°D)	15 - 17
Point de congélation (°C)	- 0,52 - 0,55
Point d'ébullition (°C)	100,15 - 100,17
pH à 20 °C	100,15 - 100,17

4. Caractéristiques organoleptiques du lait

Un lait de bonne qualité organoleptique présente des caractéristiques typiques qui concerne : la couleur ; l'odeur ; la saveur et la viscosité.

La couleur : le lait est un liquide opaque de couleur blanche, plus ou moins jaunâtre, due en grande partie à la présence de matière grasse, de pigments de carotène, la vache transforme le bêta carotène contenu dans son alimentation en vitamine A, qui se trouve directement dans le lait (**Fredot, 2005**).

L'odeur : le lait présente une odeur faible mais spécifique. En effet grâce aux matières grasses qu'il contient, le lait fixe des odeurs animales, ces derniers sont liées à l'ambiance de la traite ; à l'alimentation de l'animal et au mode de conservation du lait (l'acidification du lait à l'aide de l'acide lactique lui donne une odeur aigrette (**Vierling, 2003**).

La saveur : la saveur de lait normal est agréable et légèrement sucré, ce qui est due principalement à la présence de matière grasse. L'alimentation des vaches laitières à l'aide de certaines plantes de fourrages ensilés, peut transmettre au lait des saveurs anormales en particulier un gout amer (**Thieulin et Vuillaume, 1967**).

La viscosité : la viscosité du lait est une propriété complexe qui est particulièrement affectée par les particules colloïdes émulsifiées et dissoutes (**Rhotest, 2010**).

La teneur en graisse et en caséine, possède l'influence la plus importante sur la viscosité du lait, elle dépend également de paramètres technologiques. La qualité organoleptique d'un produit se dégrade au fil du temps, la durée de stockage ; la température et leur action combinée affectent considérablement les attributs sensoriels totaux (**Mathieu, 1999**).

5. Valeur nutritionnelle

Le lait joue un rôle très important dans l'alimentation humaine, tant au point de vue calorique que nutritionnel. Un litre de lait correspond à une valeur d'environ 750 Kcal facilement utilisable. Comparativement aux autres aliments, il constitue un élément de haute valeur nutritionnelle (**Cheftel, 1996**).

Sa valeur protéique est excellente grâce à un très bon équilibre en acides aminés indispensables et à une bonne digestibilité de ces derniers. Pour les nouveau-nés, les protéines du lait constituent une source protéique adaptée aux besoins de croissance durant la période néonatale (**Debry, 2001**). Il peut apporter une contribution significative aux besoins

nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, qui intervient dans divers métabolismes humaines (FAO, 2021).

Le lait constitue la source unique de lactose dans la nature. La présence du lactose dans le tube digestif favorise l'implantation d'une flore de putréfaction, il favorise également l'assimilation du calcium et de matière azotés, sa valeur énergétique représente environ 30 % de la valeur calorique du lait. La matière grasse fournit 48 % de la valeur énergétique du lait. Elle se compose surtout de triglycérides comportant jusqu'à 62 % d'acide gras saturés, particulièrement utilisés comme source d'énergie, par exemple dans l'activité musculaire ou la synthèse de tissus (Fournier, 2002).

Le lait assure aussi un apport non négligeable en vitamines : liposolubles (A ; D ; E) et hydrosolubles (B1 ; B2 ; B3) (Cheftel, 1996).

6. Les laits commercialisés

Il existe plusieurs types de laits de consommation : les laits pasteurisés, stérilisés, aromatisés, concentrés, fermentés et en poudre. Ces laits sont présentés obligatoirement en emballages fermés jusqu'à la remise au consommateur (Cnera, 1981).

1. Lait pasteurisé

Il est fabriqué à partir de lait cru ou de lait reconstitué, écrémé ou non, qui a subi un traitement thermique (pasteurisation) à des températures comprises entre 60 et 100 °C qui détruit plus de 90 % de la flore (jusqu'à 98 %) contenue dans le lait (Jean, 2001).

La pasteurisation a pour but de détruire la totalité des micro-organismes pathogènes non sporulés, et de réduire significativement la flore végétative présente dans un lait. C'est un procédé de conservation limité pour lequel le produit doit être conditionné hermétiquement (Pascal, 2011).

2. Lait stérilisé

Les laits qui ont subi un traitement thermique de type « stérilisation » dont l'objectif est de détruire tous les microorganismes et des spores présentes dans le lait, la stérilisation consiste à chauffer le produit alimentaire au-delà de 100 °C pour lui assurer une conservation prolongée (Veisseyre, 1979).

Selon le procédé de stérilisation, on distingue deux types de lait stérilisé : lait stérilisé et lait stérilisé UHT. Ces laits doivent être stables jusqu'à la date limite de consommation (**Luquet, 1990**).

3. Le lait concentré

Ce sont des produits obtenus en éliminant partiellement l'eau du lait entier ou écrémé (**FAO, 2021**), le principe consiste à effectuer une évaporation sous vide afin d'abaisser la température d'ébullition (**Pien, 1972**). Après concentration et homogénéisation, il est conditionné en boîtes métalliques et stérilisé (**FAO, 1998**). Il existe deux types, le lait concentré peut être sucré ou non sucré (**FAO, 2021**).

4. Lait fermenté

Ils sont obtenus à partir de la fermentation du lait, en utilisant des micro-organismes appropriés pour atteindre un niveau souhaité d'acidité, ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation. Les produits fermentés sont : le yaourt ; le koumis ; le dahi ; le laban ; le kéfir... (**FAO, 2021**).

5. Lait aromatisé :

Ce sont des boissons à base de lait, qui peuvent être préparés par l'adjonction de divers colorants et agents aromatisants (chocolat ; fruits ; sirops ...) à du lait écrémé, lait contient de 1 à 2 % de matière grasse ou à du lait en poudre reconstitué. Les laits aromatisés, sont généralement obtenus par stérilisation en récipients ou par stérilisation UHT (**FAO et OMS, 1970**).

6. Lait en poudre

C'est un lait obtenu à partir de la déshydratation du lait (**FAO, 2021**), ou la teneur finale en eau n'excède pas 5 % en poids du produit fini. Cette déshydratation, peut être préparée par séchage sur cylindre ou par atomisation, et le lait obtenu se présente généralement sous la forme de poudre ou de granulés, un lait qui permet une conservation à température ambiante (**FAO et OMS, 1970**).

Partie
expérimentale

Matériel et Méthodes

1. Objectif du travail

Le but de ce travail consiste en l'aromatisation d'un lait partiellement écrémé, avec le fruit du goyavier, afin d'étudier la possibilité d'améliorer sa qualité organoleptique par ce fruit, et d'augmenter sa valeur nutritionnelle.

Le choix de cette matrice à savoir le fruit du goyavier, réside dans la valorisation de cette espèce méconnue auprès de notre population sur son bienfait pour la santé.

La première partie est réservée au traitement de la matière première et la récupération du jus de la chair du fruit de la goyave.

La deuxième partie concerne l'enrichissement du lait avec le jus de goyave. Différentes concentrations de ce dernier sont ajoutées, afin d'évaluer son effet sur la qualité de nouveau produit « Lait aromatisé à la goyave ».

2. Lieu du travail

Une partie de ce présent travail a été réalisée à la laiterie d'Amizour GIPLAIT, et l'autre partie est effectuée au niveau du laboratoire de Technologie Alimentaire et Nutrition de notre université Abderrahmane Mira de Béjaia.

3. Matériel végétal

3.1. Origine et provenance de l'échantillon

La matrice utilisée qui consiste le fruit de goyavier a été récolté en octobre 2018 et prévenant de la région d'Aokas (Wilaya de Béjaia).

3.2. Préparation des laits aromatisés

Les fruits récoltés ont été triés afin de choisir ceux qui sont en bon état, ensuite ils sont été lavés et épluchés (figure 05), puis conservés au congélateur.

Le jour de préparation du jus, les fruits ont été coupés en deux et ont été débarrassés de leur graines, par la suite mixés à l'aide d'un mixeur électrique pour obtenir un mélange bien homogène et uniforme, ce dernier a été versé dans des flacons en verre et stockés à basse température.



Figure 05 : Différentes étapes de préparation du jus pulpeux du fruit de goyave

3.3. Préparation du lait aromatisé

Trois préparations ont été réalisées (Tableau VI) à des concentrations différentes du jus pulpeux de goyave (0,5 % ; 2 % ; et 4 %) et une quatrième sans aromatisation utilisée comme un témoin.

Tableau VI : Tableau récapitulatif de la composition de 3 laits préparés à base du jus pulpeux de goyave.

Échantillon	Composition
0 % (Témoin)	1000 ml du lait
0,5 %	1000 ml + 5 ml du jus pulpeux de goyave
2 %	1000 ml + 20 ml du jus pulpeux de goyave
4 %	1000 ml + 40 ml du jus pulpeux de goyave

4. Analyses physico-chimiques du jus pulpeux du fruit de goyave et du lait aromatisé

4.1. Mesure du pH

➤ Principe

Le pH (potentiel Hydrogène) est l'un des principaux paramètres de mesure dans le domaine d'analyse des denrées alimentaires, le pH d'un lait normal frais est neutre à 20 °C. Il est directement mesuré à l'aide d'un pH-mètre, et il nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait.

➤ **Mode opératoire**

Après avoir étalonné le pH-mètre avec les solutions tampons (pH = 4 et pH = 7), l'électrode a été introduit dans un bécher contenant du lait à analyser, après stabilisation la valeur de pH est affichée sur l'écran du pH-mètre.

4.2. Détermination de l'acidité titrable

➤ **Principe**

L'acidité titrable du lait, est la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique. Elle est déterminée par un dosage acido-basique d'un échantillon du lait avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N (N/9) en présence de l'indicateur coloré phénolphtaléine, et exprimées en degré Dornic (**AFNOR, 1995**), où 1 °D correspond à 0,1 g d'acide lactique par litre de lait.

➤ **Mode opératoire**

Dix ml de l'échantillon ont été prélevés à l'aide d'une pipette puis les verser dans un erlenmeyer, 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine ont été ajoutés à ce mélange puis tout on agitant, titré avec la solution de NaOH de 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une coloration rose, et on note le volume de la chute burette.

4.3. Détermination de la densité

➤ **Principe**

La densité du lait est une grandeur sans unité qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20 °C et la masse du même volume d'eau (**Pointurier, 2003**). Elle est réalisée au moyen d'un thermo-lactodensimètre qui nous donne à la fois la température et la densité du lait.

➤ **Mode opératoire**

Le lait a été transvasé dans une éprouvette puis le thermo-lactodensimètre a été introduit doucement au milieu sans toucher les parois, après stabilisation on fait une lecture horizontale de la valeur de la densité sur les graduations du thermo-lactodensimètre.

4.4. Détermination de la teneur en matière grasse

➤ Principe

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber. C'est une technique qui permet de détecter la fraude de l'écémage du lait cru et de vérifier la standardisation du taux de la matière grasse du lait pasteurisé. Elle est basée sur la dissolution de la matière grasse à doser par l'acide sulfurique sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylque, la matière grasse se sépare et monte au sommet de butyromètre dont les graduations de ce dernier révèlent le taux de matière grasse du lait (AFNOR, 1980).

➤ Mode opératoire

Dix ml de l'acide sulfurique ont été introduit dans un butyromètre, à l'aide d'une pipette on ajoute 11 ml du lait sur la paroi du butyromètre et 1,5 ml d'alcool iso-amylque, puis on le ferme et on mélange 2 à 3 fois du haut en bas, par la suite le butyromètre a été centrifugé à 3000 tours pendant 5 minutes.

4.5. Détermination du taux d'humidité

➤ Principe

C'est la détermination de la teneur en eau présent dans un échantillon, en utilisant un dessiccateur pour déterminer d'abord le taux la matière sèche, qui est la fraction après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage (%) ou en g/l.

➤ Mode opératoire

Une coupelle a été placée sur la balance qui se trouve à l'intérieur du dessinateur dans laquelle 3 g du lait sont introduit et bien étalé, puis on ferme le capot de l'appareil et on appuie sur la touche START.

Après 10 à 15 minutes le résultat est affiché sur l'écran en pourcentage (%).

4.6. Détermination de degré de réfraction (Brix)

➤ Principe

La détermination de l'indice de réfraction ou le degré de Brix, est réalisée à l'aide d'un réfractomètre (AFNOR, 1986). Il exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles (TSS) contenus dans un échantillon.

➤ **Mode opératoire**

Le réfractomètre a été orienté vers une source lumineuse, le prisme a été nettoyé et séché en utilisant de l'eau distillée et du papier absorbant, puis une goutte de l'échantillon à analyser a été placé sur la surface de prisme, par la suite on rabattre le deuxième prisme sur le premier, on verra se dessiner sur l'échelle deux zones différentes en clarté, le taux de Brix a été lu sur l'échelle de cet appareil à l'intersection des zones claires et sombres.

Après chaque analyse, le plateau du prisme doit être nettoyé avec l'eau distillée et essuyé avec du papier absorbant (**Zapata et al., 2013**).

4.7. Suivi de l'acidification du lait aromatisé au cours de stockage

Les échantillons du lait aromatisé, ont été conservés à 4 °C pendant une semaine, des séries de prélèvements sont été réalisés pendant le 1^{er} jour, 3^{ème} et le 7^{ème} jour pour analyser l'évaluation de l'acidité et du pH au cours de cette durée.

5. Extraction et dosage des composés bioactifs

5.1. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires

5.1.1. Les saponines

Les saponines correspondent à un ensemble de molécules naturellement produites par une large gamme de plantes, le test de **Yadav et Agarwala (2011)**, nous a permis de détecter leurs présence par l'ajout de 3ml d'eau distillée à 1ml d'extrait. Après l'agitation pendant 2min au vortex, la formation d'une mousse persistante indique la présence des saponines.

5.1.2. Les tanins

Les tanins sont des substances naturelles, hydrosolubles, appartiennent à la classe des composés phénoliques. La détection des tanins est réalisée au moyen du test **Soualama et al (2014)**, par l'ajout de 2 à 3 gouttes de la solution de chlorure ferrique (FeCl_3 dilué à 2 %) à 1ml de l'extrait.

L'apparition d'une coloration bleu-verte, indique la présence simultanée des deux types des tanins, une coloration verte foncée indique la présence des tanins catéchines, tandis que l'apparition d'une coloration bleu foncée, est un signe de la présence des tanins galliques.

5.1.3. Les alcaloïdes

La mise en évidence d'alcaloïdes, est effectuée par l'ajout de quelques gouttes de réactif de Bouchardât à 2 ml d'extrait. La formation d'un précipité brun-noir, brun-terne ou jaune-brun indique la présence de ces métabolites dans le milieu (**Amana, 2007**).

5.1.4. Les terpénoïdes

Les terpénoïdes, sont formés par la polymérisation des unités à 5 atomes de carbone. Elles constituent la plus vaste famille connue de produits rencontrés dans la nature.

La présence des terpénoïdes est mise en évidence par l'ajout de 2,5 ml d'échantillon à 1 ml de chloroforme, après homogénéisation au moyen de vortex, on ajoute aussi 1,5 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) au mélange obtenu. La formation d'une couleur brun rouge à l'interface révèle une réaction positive (**Azimanet al., 2012**).

5.2. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des composés phénoliques a été estimée par le rapport Ethanol/Eau distillée (80/20) comme un solvant d'extraction.

➤ Mode opératoire :

L'extraction des composés phénoliques a partir du lait aromatisé a été obtenue par macération selon la méthode décrite par **Škerget et al., (2005)** (figure 06).

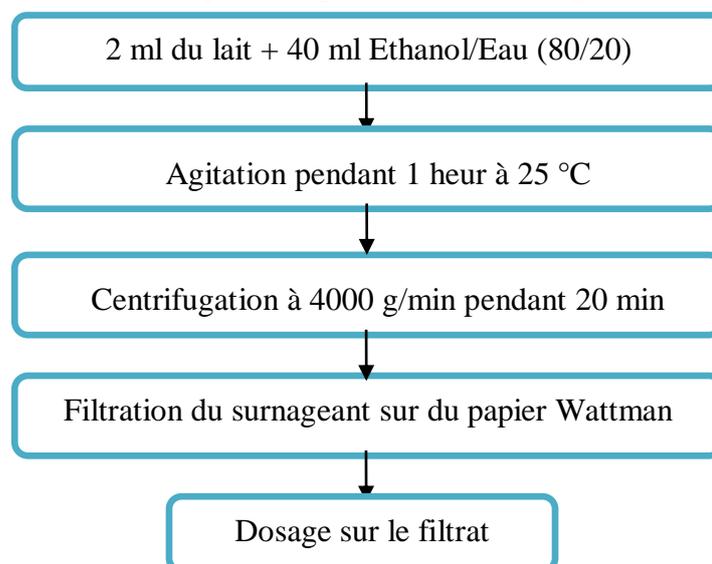


Figure 06 : Protocole d'extraction des composés phénoliques du lait **Škerget et al., (2005)**

5.3. Dosage des composés phénoliques

5.3.1. Dosage des composés phénoliques totaux (CPT)

➤ Principe

Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-ciocalteu, ce dernier est un acide de couleur jaune constitué d'un mélange de deux acides : acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). En milieu alcalin, le réactif de Folin-Ciocalteu oxyde les phénols en ions phénolates et réduit partiellement ses hétéro polyacides, d'où la formation d'un complexe bleu stable d'oxydes de tungstène et de molybdène (Deals, 1999).

La coloration produite dont l'absorption maximum est au voisinage de 760 nm , est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques présents dans le milieu réactionnel. Les concentrations en phénols totaux solubles sont déterminées par référence à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (Annexe I-1). Les résultats sont exprimés en mg Equivalent Acide gallique/g d'échantillon (Boizot et Charpentier, 2006).

➤ Mode opératoire :

Les composés phénoliques totaux sont estimés par spectrométrie selon la méthode de Folin-ciocalteu décrite par Boizot et Charpentier, (2006) (Figure 07).

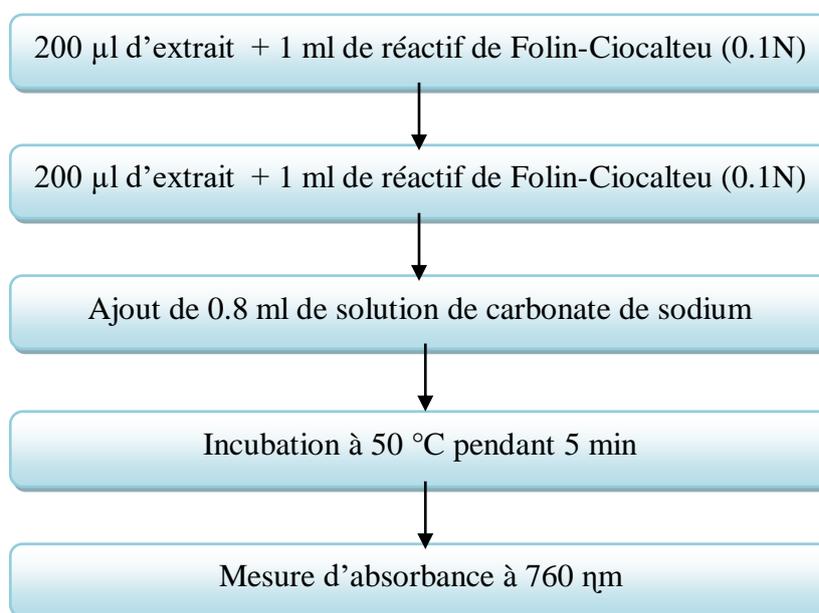


Figure 07 : Protocole de dosage des phénols totaux solubles (Boizot et Charpentier, 2006)

5.3.2. Dosage des flavonoïdes

➤ Principe

La méthode de dosage des flavonoïdes, repose sur la capacité de ces composés qui possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, à former des complexes jaunâtres stables et chromogènes avec le chlorure d'aluminium (AlCl_3) (Figure 08), soit avec le carbonyle (C=O) en position C-4, soit avec le groupe hydroxyle en C-3 ou C-5 des flavones et des flavonols (Chang *et al.*, 2002).

La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait. Les concentrations en flavonoïdes ont été estimées en référant à une courbe d'étalonnage préparée avec la quercétine (Annexe I-2). Les résultats ont été exprimés en mg équivalent de quercétine (mg Eq Q/100 g d'échantillon) (Ribéreau-Gayon, 1968).

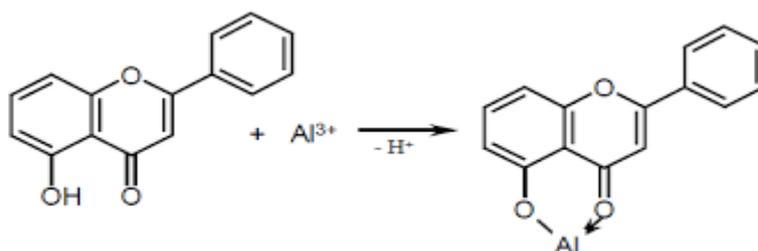


Figure 08 : Réaction du chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes (Ribéreau-Gayon, 1968)

➤ Mode opératoire

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de Djeridane *et al.* (2006) le protocole est donné par la figure 09.

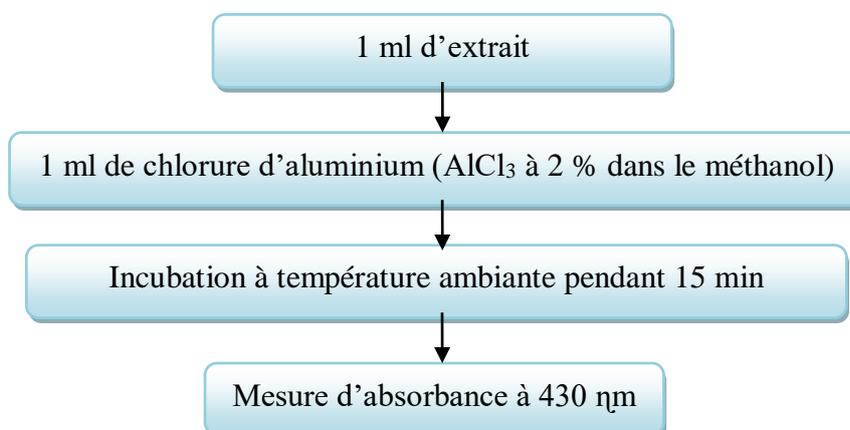


Figure 09 : Protocole de dosage des flavonoïdes (Djeridane *et al.*, 2006)

5.3.3. Dosage des tanins condensés

➤ Principe

Les tanins condensés ont été dosés suivant la méthode à la vanilline avec l'HCl. Cette méthode dépend de la réaction de la vanilline avec le groupement des unités des tanins condensés en milieu acide (Figure 10), conduisant à la production d'un complexe rouge mesuré à 500nm. La teneur en tanins condensés est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage préparée avec catéchine (Annexe I-3). Les résultats sont exprimées en mg équivalent de catéchine par 100g du MS (mg Eq CAT/100g du MS) (Hagerman, 2002).

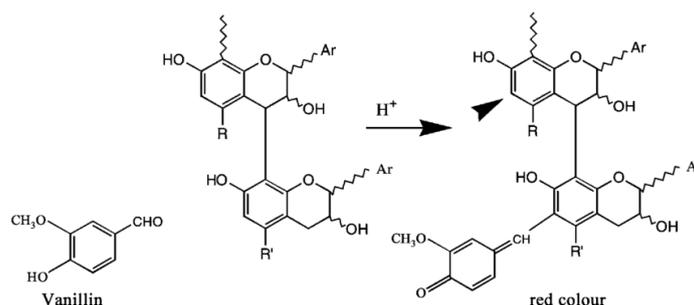


Figure 10 : Réaction de la vanilline avec les tanins condensés (Hagerman, 2002)

➤ Mode opératoire :

L'estimation de la teneur en tanins contenus dans les échantillons est réalisée par la méthode à la vanilline décrite par **Deshpande *et al.*, (1986)** (Figure 11).

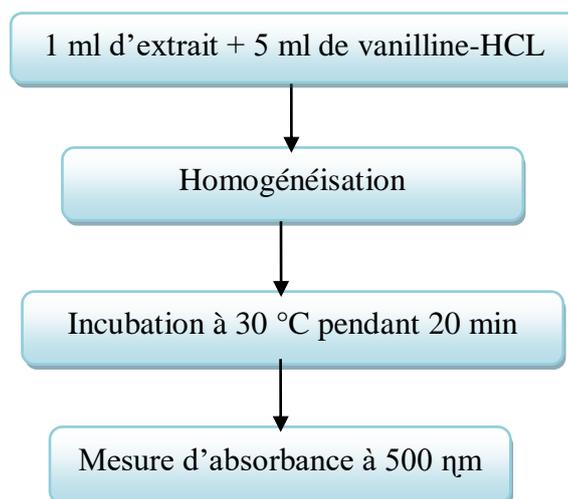


Figure 11 : Protocole de dosage des tanins condensés (Deshpande *et al.*, 1986)

5.4. Evaluation de l'activité antioxydant

Trois tests ont été utilisés pour évaluer la capacité antioxydant des quatre échantillons étudiées, dans ce travail, il s'agit du chélation du fer ferreux ; pouvoir réducteur du fer ; pouvoir anti-radicalaire DPPH.

5.4.1. Chélation du fer ferreux

La chélation du fer ferreux est estimée selon la méthode décrite par **Bourgouet *et al.* (2008)**.

➤ Principe

Le principe de ce test est basé sur la chélation des ions ferreux par la ferrozine. L'inhibition de la formation du complexe Fe(II)-Ferrosine après le traitement des échantillons avec les ions Fe^{2+} . Cette méthode se manifeste par la formation d'un complexe de ferrozine et Fe^{2+} qui se caractérise par une couleur mauve mesurable à 562nm. En présence d'agents chélateurs, la formation de ce complexe est diminuée aboutissant à une diminution de la couleur mauve (**Le *et al.*, 2007**).

1. Mode opératoire

La chélation du fer ferreux est estimée selon la méthode décrite par **Bourgouet *et al.* (2008)** (Figure 12).

Echantillon : 100 μ l d'extrait + 50 μ l de $FeCl_2$ + 2.75 ml d'eau distillée + 100 μ l de la Ferrozine (5mM)

Contrôle : 100 μ l l'eau distillée + 50 μ l de $FeCl_2$ + 2.75 ml d'eau distillée + 100 μ l de la Ferrozine (5mM)

Standard : 100 μ l d'EDTA + 50 μ l de $FeCl_2$ + 2.75 ml d'eau distillée + 100 μ l de la Ferrozine (5mM)

Blanc : 100 μ l d'éthanol (80 %) + 50 μ l de $FeCl_2$ + 2.75 ml d'eau distillée

Homogénéisation et incubation 10 min à l'obscurité et à température ambiante

Mesure d'absorbance à 562 nm

Figure 12 : Activité antioxydant de chélation du fer ferreux (**Bourgouet *et al.*, 2008**)

- **Expression des résultats :** La capacité antioxydant de nos échantillons est exprimée en pourcentage d'inhibition calculé selon la formule suivante :

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

5.4.2. Activité pouvoir réducteur du fer

- **Principe**

Ce test est basée sur la réaction de réduction du fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le complexe ferrocyanure de potassium en fer ferreux (Fe^{2+}), cette réaction se manifeste par le virement de couleur jaune du fer ferrique (Fe^{3+}) en couleur bleu vert du fer ferreux (Fe^{2+}). L'intensité de cette coloration est mesurée par spectrophotomètre à 700 nm. Donc une absorbance élevée indique que l'échantillon possède un grand pouvoir réducteur (Li et al., 2009)

2. Mode opératoire

Le test de l'activité pouvoir réducteur est réalisé selon le protocole donné par le diagramme de la figure 13.

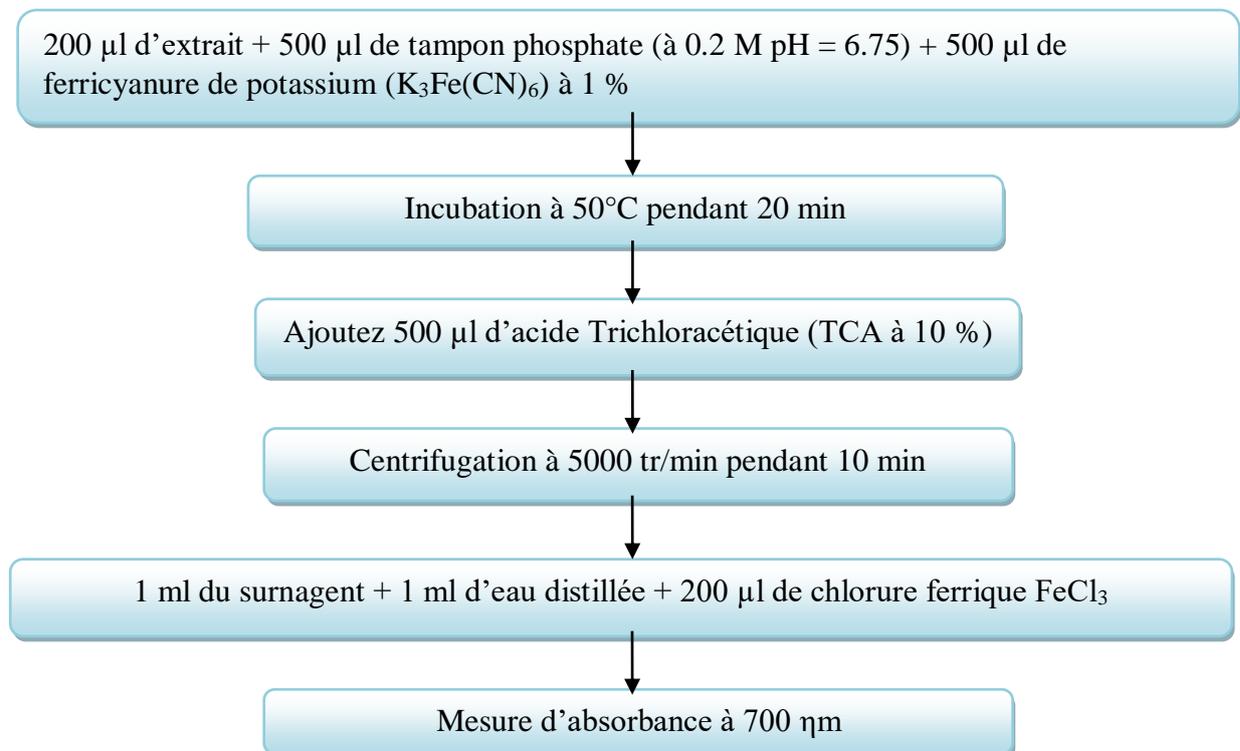


Figure 13 : Protocole de pouvoir réducteur du fer (Li et al., 2009)

3. Expression des résultats

L'absorbance lue à 700 nm est comparée à celle du standard acide ascorbique. L'augmentation de l'absorbance dans le milieu indique une augmentation de la réduction du fer, (Li *et al.*, 2009).

5.4.3. Pouvoir anti-radicalaire DPPH

Principe

Le test est une méthode qui permet de mesurer le pouvoir anti-radicalaire des substances antioxydants contenues dans un extrait. Elle est basée sur la capacité des antioxydants à piéger le radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil (DPPH). Ce dernier est un radical libre de couleur violette qui devient jaune quand il est réduit en DPPH-H forme d'hydrazine (non radicale) en acceptant un atome d'hydrogène (Figure 14), plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène est considéré comme un antioxydant fort. La forme réduite (de couleur jaune) n'absorbe plus, ce qui se traduit par une diminution de l'absorbance à cette longueur d'onde (Brand-Williams, 1995).

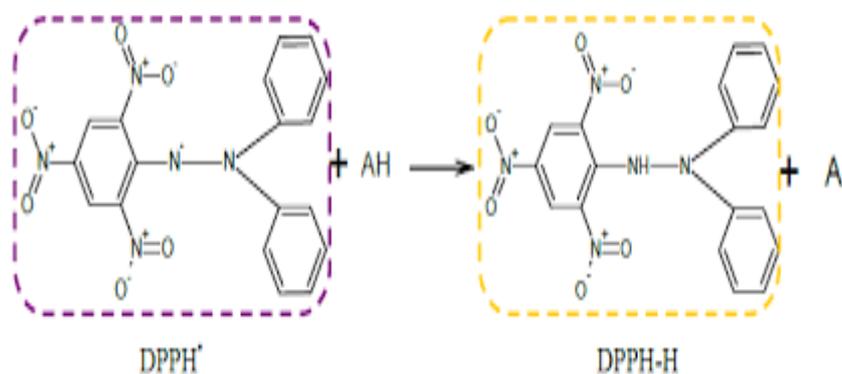


Figure 14 : Réduction de radical DPPH (Thaipong *et al.*, 2006)

4. Mode opératoire

L'activité anti-radicalaire du DPPH est déterminée selon la méthode décrite par **Brand-Williams (1995)**, le protocole est donné par le diagramme de la figure 14.

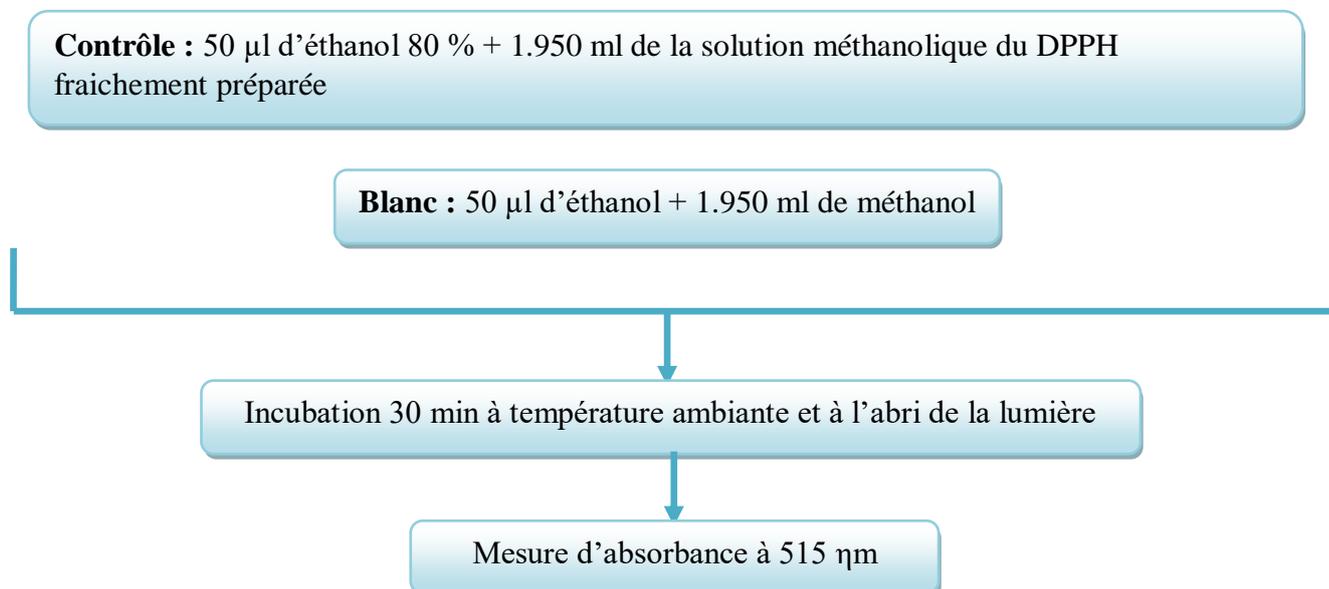


Figure 14 : Protocole du pouvoir anti-radicalaire du DPPH (**Brand-Williams, 1995**).

➤ Expression des résultats

La capacité antioxydant de nos échantillons est exprimée en pourcentage d'inhibition calculé selon l'équation suivante :

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

6. Analyse statistique

Chaque test est répété 3 fois, la comparaison entre les échantillons est réalisée par une analyse de la variance (ANOVA) effectuée pour comparer les moyennes avec le teste LSD sur le Logiciel Statistica 5.1.

Les échantillons sont considérés statistiquement différents à $P < 0,05$.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Caractéristiques physico-chimique du jus pulpeux du fruit de goyave

L'étude des caractéristiques physico-chimiques du jus pulpeux de goyave nous a permis d'avoir une idée sur la qualité du fruit étudié. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII : Paramètres physico-chimiques du jus pulpeux de goyave

Paramètres	Teneur
pH	4,23 ± 0,01
Acidité (g/l)	0,18 ± 0,00
Brix (%)	6,70 ± 0,00

D'après les résultats présentés dans le (tableau VII), il ressort que la teneur en Brix (sucre totaux) du jus pulpeux de goyave étudié (6,7 %) s'accorde à celle enregistrée par **Youcef et al. (2021)** avec la goyave de Pakistan pour la variété *Choti surahi* qui est de 6,8 %. Dans une étude menée sur la goyave récoltée en Inde les auteurs **Jain et Neyma (2011)** ont enregistré une valeur de 13,63 % qui est supérieure à celle enregistrée dans notre expérimentation.

Le pH du jus pulpeux de goyave étudié est de 4,23, cette valeur est très proche de celle enregistrée par **Youcef et al. (2021)** avec les deux variétés *Chota cola* (4,30) et *Choti surahi* (4,20). D'autres parts, cette valeur (4,23) est légèrement inférieure à celle enregistrée par **Tanwar et al. (2014)** qui est de 4,70, et supérieure à celle obtenue par **Jain et Nema (2007)** qui est de 3,57.

Chyau et al. (1992) ainsi que tous les auteurs précédents ont exprimés une acidité du jus pulpeux de goyave qui est nettement supérieure [0,31 à 0,9 %] par rapport aux résultats obtenus qui est de 0,18 g/l.

Cette acidité du jus pulpeux de fruit est due à l'acide citrique ; l'acide ascorbique et l'acide malique. L'acide citrique est le composant majeur de tous les acides organiques, la réduction de leur concentration pendant la maturation est associée à une concentration accrue de sucre (galactose et fructose), ce qui diminue l'acidité du fruit (**Kaanan et al., 1998**).

La différence enregistrée dans les paramètres (pH ; Acidité ; Brix), par rapport aux autres études, peut s'expliquer par la variété, l'origine, l'effet du stockage, stade de maturation du fruit et la région de collecte (Ayaz *et al.*, 2000).

2. Caractéristiques physico-chimiques du lait aromatisé

Les résultats relatifs aux caractéristiques physico-chimiques des laits aromatisés préparés, sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Résultats des analyses physico-chimiques des laits aromatisés

Paramètres	Acidité (D°)	pH	Densité	MG (g/l)	Humidité (%)	MS (g/l)	Brix (%)
Lait à (0 %)	12,66 ± 0,58 ^a	6,88 ± 0,005 ^a	1,032 ± 0,0005 ^a	15,33 ± 0,57 ^a	90,45 ± 0,21 ^a	9,80 ± 0,29 ^a	6,3 ± 0,00 ^a
Lait à (0,5 % JPG)	12,66 ± 0,58 ^a	6,80 ± 0,005 ^b	1,032 ± 0,0005 ^a	15,33 ± 0,57 ^a	90,20 ± 0,16 ^a	9,55 ± 0,48 ^a	6,4 ± 1,08 ^{E-15b}
Lait à (2 % JPG)	12,00 ± 0,58 ^a	6,73 ± 0,005 ^c	1,031 ± 0,0005 ^a	14,33 ± 0,57 ^a	90,20 ± 0,03 ^a	9,82 ± 0,03 ^a	6,4 ± 1,08 ^{E-15b}
Lait à (4 % JPG)	11,66 ± 0,58 ^a	6,67 ± 0,005 ^d	1,031 ± 0,0005 ^a	14,33 ± 0,57 ^a	90,37 ± 0,34 ^a	9,63 ± 0,34 ^a	6,4 ± 1,08 ^{E-15b}

JPG : Jus pulpeux de goyave.

a,b,c,d : représentent les différences significatives à P < 0,05.

Quelque soit le paramètre considéré (acidité ; densité ; matière grasse ; humidité et matière sèche), l'analyse statistique des données enregistrées ne montre pas de différence significative ($p > 0,05$) pour tous les échantillons étudiés.

Les laits préparés expriment les mêmes teneurs pour le lait témoin et les échantillons préparés à différentes concentrations d'incorporation du jus pulpeux de goyave, avec une valeur moyenne qui est de 12,25 D° pour l'acidité, et de 1,032 pour la densité ; 14,83 pour la matière grasse.

La teneur en matière grasse, peut s'expliquer par le fait que le jus pulpeux de goyave est composé d'une faible quantité de lipides qui est de 0,9 g/ 100 g (Naseer *et al.*, 2018).

Pour la teneur en humidité et la densité, selon Ruiz-Rodriguez (2011), les facteurs qui peuvent influencer sont : l'âge de la plante et la période du cycle végétatif ainsi peut être due aux différents environnements : les conditions pédoclimatiques et la répartition géographique.

Par contre pour le paramètre pH (Figure 16), l'analyse statistique des résultats à montrée un effet significatif du facteur mis en jeu dans notre étude (l'incorporation du jus pulpeux de

goyave dans le lait), avec des valeurs qui vont de 6,60 à 6,80. Le pH des laits incorporés à différentes concentrations est légèrement inférieur à celui du lait témoin. D'après **Mathieu (1998)**, la valeur du pH évolue avec la composition du lait, lorsque sa teneur en substance acides : protéines, anions phosphates et citrate est élevée le pH diminue, cela indique que le jus pulpeux de goyave a enrichi le lait en substances acides.

Pour le paramètre Brix également (Figure 16), l'analyse statistique a montrée un effet significatif du facteur mis en jeu avec le lait témoin, qui exprime la faible valeur (6,3 %) comparée à celle des laits aromatisés, avec une valeur similaire pour le lait à 0,5 %, 2 % et 4% qui est de 6,40 %. Donc quelque soit le taux d'incorporation du jus pulpeux de goyave, les laits aromatisés expriment une augmentation du taux de Brix par rapport au lait témoin, cette amélioration signifie que le jus pulpeux de goyave a apporté du sucre pour le lait.

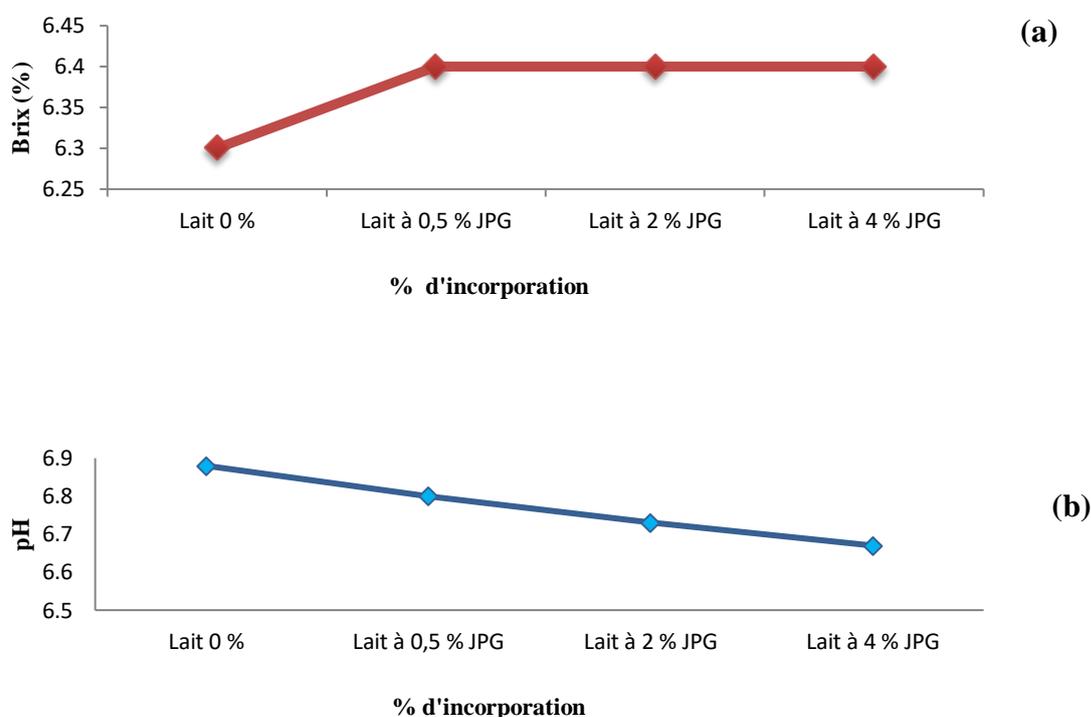


Figure 16 : Evaluation du Brix (a) et du pH (b) des laits incorporés avec le jus pulpeux de goyave
JPG : jus pulpeux de goyave

3. Évolution du pH et de l'acidité au cours du stockage

Le suivi du pH et de l'acidité au cours du stockage à 4 °C des laits préparés, a été mesuré le 1^{er} jour (jour de préparation), 3^{ème} et le 7^{ème} jour.

D'après les résultats illustrés dans la (Figure 17), on trouve une variation du pH et d'acidité entre les échantillons des laits préparés au cours de la semaine du stockage.

Le pH diminue au cours de cette durée, de 6,80 pour le 1^{er} jour à 5,50 pour le 7^{ème} jour. Tandis que les données d'acidité enregistrées (Figure 16), notent une augmentation progressive au cours de stockage pour atteindre des valeurs de 18 °D à 21 °D pour le 7^{ème} jour.

L'augmentation de l'acidité et la diminution du pH est expliquée par l'acidification du lait provenant de la transformation de lactose (un sucre présent dans le lait) en acide lactique (Jacques, 1998)

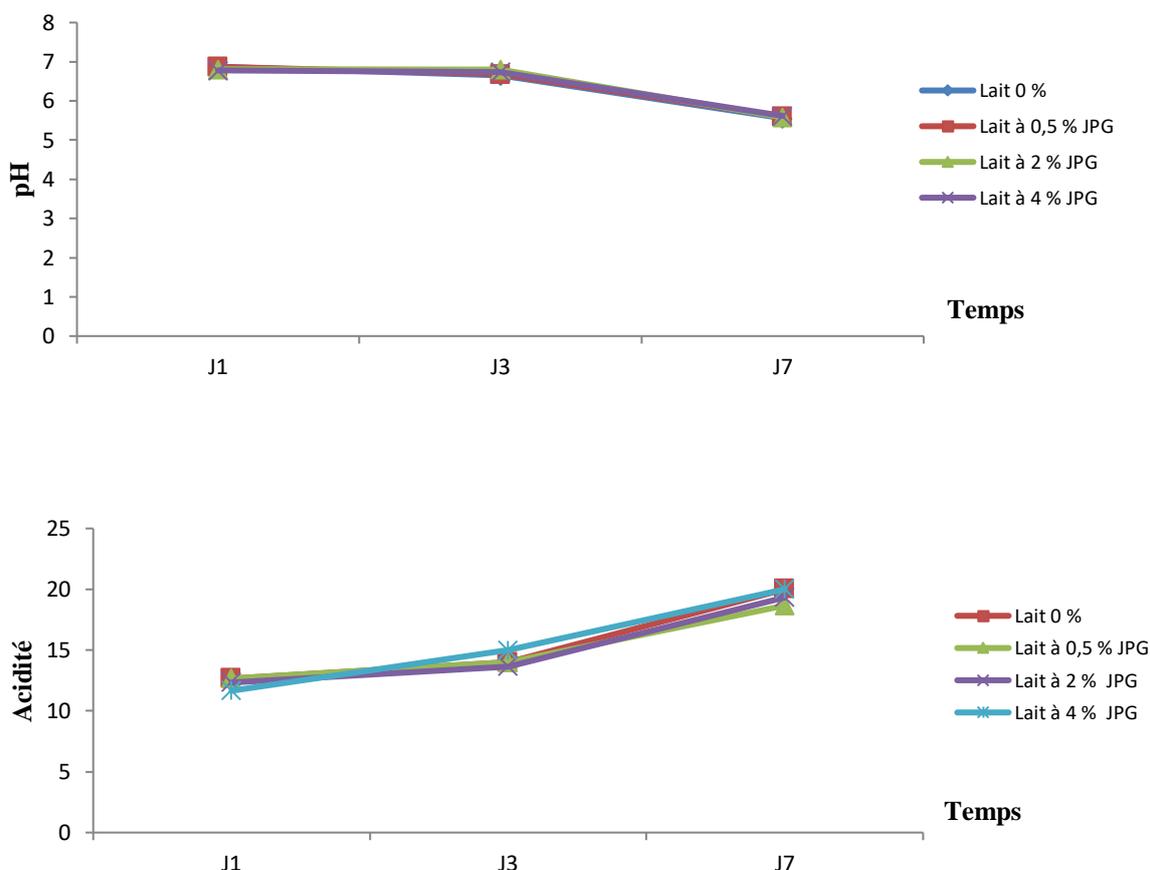


Figure 17 : Evaluation du pH et de l'acidité au cours du stockage à 4 °C

JPG : jus pulpeux de goyave

4. Teneur en composés bioactifs

4.1. Mise en évidence de quelques métabolites secondaires

Les résultats de mise en évidence de métabolites secondaires résumés dans le tableau IX ne montrent aucune présence pour les saponines et alcaloïdes par contre une présence des tanins et terpénoïdes à été observée dans nos extraits des laits aromatisés.

Tableau IX : Résultats de mise en évidence de quelques métabolites secondaires dans les extraits des laits aromatisés.

Métabolite	Saponines	Tanins	Alcaloïdes	Terpénoïdes
	–	+	–	+
Observation	Absence d'une mousse persistante	Présence d'une coloration bleu-verte	Absence d'un précipité brun noir	Présence d'un anneau brun rouge

4.2. Teneur en composés phénoliques

Nos différents tests analytiques ont mis en évidence la présence de différentes classes de composés phénoliques (composés phénoliques totaux ; flavonoïdes et tanins) dans les laits préparés aux concentrations testées.

4.2.1. Teneur en composés phénoliques totaux (CPT)

L'analyse statistique a montré qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) pour les différents échantillons étudiés (Annexe V).

L'incorporation du jus pulpeux de goyave dans le lait, induit à une augmentation des teneurs en phénols totaux solubles avec le lait témoin qui affiche la teneur la plus faible, et le lait incorporé à 4 % qui exprime la teneur la plus élevée (Figure 17).

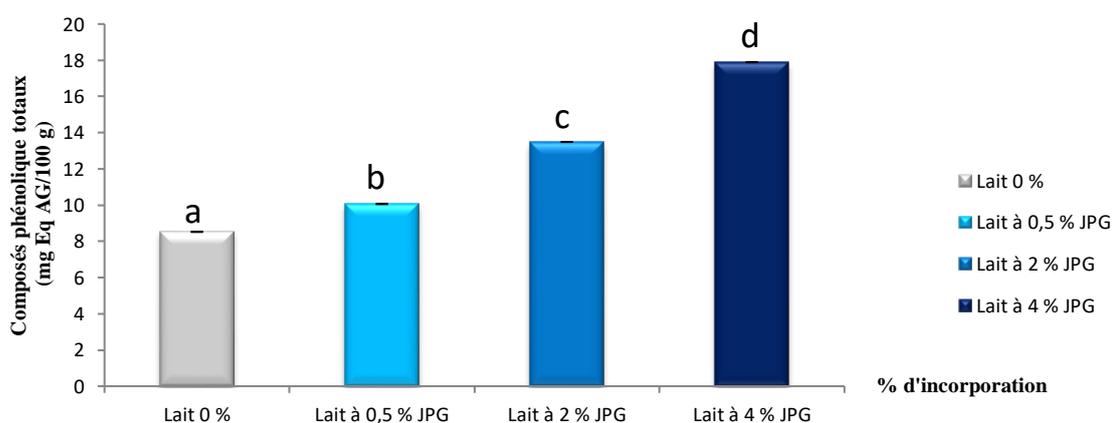


Figure 18 : Teneur en composés phénoliques totaux des laits incorporés du jus pulpeux du fruit de goyave et du lait témoin

a,b,c,d : représentent les différences significatives à $P < 0,05$

JPG : jus pulpeux de goyave

La teneur en composés phénoliques totaux passe de 8,52 mg Eq acide gallique/100 g d'échantillon pour le lait témoin à (11,43 mg/g d'échantillon) ; (13,36 mg/g d'échantillon) et (17,89 mg/g d'échantillon) pour les laits incorporés à (0,5 %) ; (2 %) et (4 %) respectivement. La teneur du lait incorporé à 4 % est augmentée de 2,19 fois plus que celui du lait témoin.

4.2.2. Teneur en flavonoïdes

L'analyse statistique du dosage des flavonoïdes des 4 laits étudiés, a révélée une différence significative de $p < 0,05$ entre le témoin et les laits incorporés.

Le lait témoin renferme la quantité la plus faible (16,11) mg Eq quercétine/100 g d'échantillon), cependant l'incorporation du jus de goyave dans le lait a augmentée la teneur en flavonoïdes de 1,52 fois plus que celle du lait témoin, mais il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les laits incorporés à différentes concentrations (0,5 % ; 2 % ; 4%) et qui affichent la même teneur moyenne de 24,48 mg Eq quercétine/100 g d'échantillon.

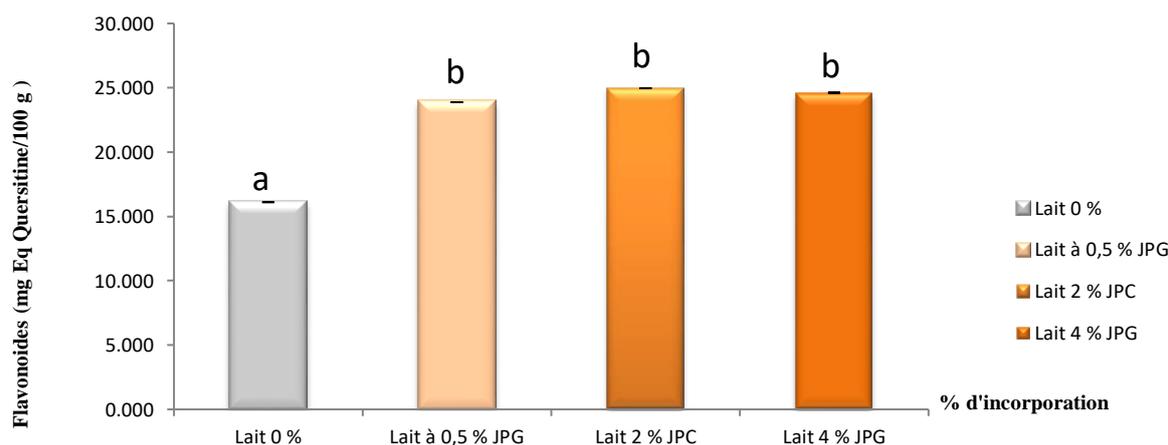


Figure 19 : Teneur en flavonoïdes des laits incorporés du jus pulpeux du fruit de goyave et du lait témoin

a,b,c,d : représentent les différences significatives à $P < 0,05$

JPG : jus pulpeux de goyave

4.2.3. Teneur en tanins condensés

Les résultats d'analyse statistiques de teneur en tanins de tous les échantillons étudiés présentent une différence significative ($p < 0,05$).

L'incorporation du jus pulpeux de goyave dans le lait a augmentée légèrement la teneur en tanins, le lait témoin se caractérise par la teneur la plus faible (0,452 mg Eq cat/100 g d'échantillon).

L'analyse de la variance statistique (Figure 20) montre qu'il n'existe pas une différence significative pour les laits incorporés à 2% et 4% et qui présentent la même teneur qui est de 2,76 (mg Eq cat/100 g d'échantillon).

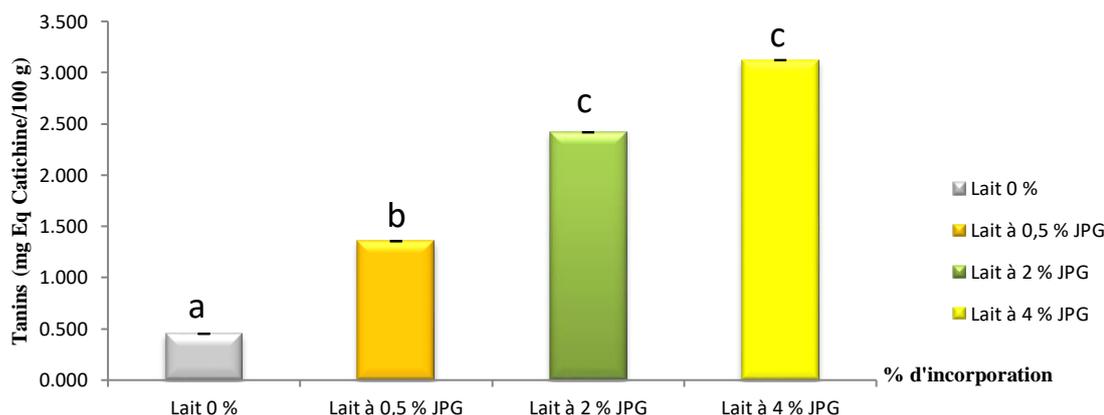


Figure 20 : Teneur en tanins condensés des laits incorporé du jus pulpeux du fruit de goyave et de lait témoin

a,b,c,d : représentent les différences significatives à $P < 0,05$

JPG : jus pulpeux de goyave

D'après nos résultats, l'ensemble des teneurs obtenues pour les composés phénoliques (CPT ; flavonoïdes et tanins) sont différentes de celles obtenues par d'autres recherches.

Dans une étude menée en **2019** sur l'élaboration d'un yaourt à base de goyave, **Boutaghane et Tamaguelt** ont enregistré des valeurs de 100 mg/100 g, 19 mg/100 g et 42 mg/100 g pour les CPT, flavonoïdes et tanins respectivement, qui sont supérieures à celles obtenues dans notre étude : 18 mg/100 g, 24 mg/100 g, et 3 mg/100 g pour les CPT, flavonoïdes et tanins respectivement.

Mais aussi dans notre présente étude les teneurs des laits incorporés à différentes concentrations sont augmentés par rapport au lait témoin, cela indique que l'incorporation du jus pulpeux de goyave aboutit à une amélioration de la qualité nutritionnelle du lait par l'enrichissement du ce dernier en composés phénoliques, d'après **Chia-Falin et al (2016)** le jus pulpeux de goyave est une bonne source de composés phénoliques et qui possède un effet antioxydant.

Les différences des résultats obtenus comparés aux travaux des auteurs cités en haut sur la teneur en composés phénoliques de la goyave, peut s'expliquer par la diversité des variétés, des stades de maturité, des conditions climatiques et du stockage de goyave, d'autres part des variations dans la méthode d'extraction et du type de solvant utilisé (eau, éthanol, méthanol, acétone), le dosage et l'expression des résultats (Popovici *et al.*, 2009, Garcia *et al.*, 1985).

1.1. Evaluation de l'activité antioxydante

Quelque soit le test considéré le lait préparé à des différentes concentrations de jus pulpeux de goyave, manifeste une activité antioxydante supérieure à celle du témoin et nettement inférieure à celle des standards utilisés (EDTA).

1.1.1. Chélation du fer ferreux

L'analyse des données du test de chélation du fer ferreux, montre une différence significative de $p < 0,05$. La figure 21 illustre une variabilité de la capacité de chélation de fer des laits préparés.

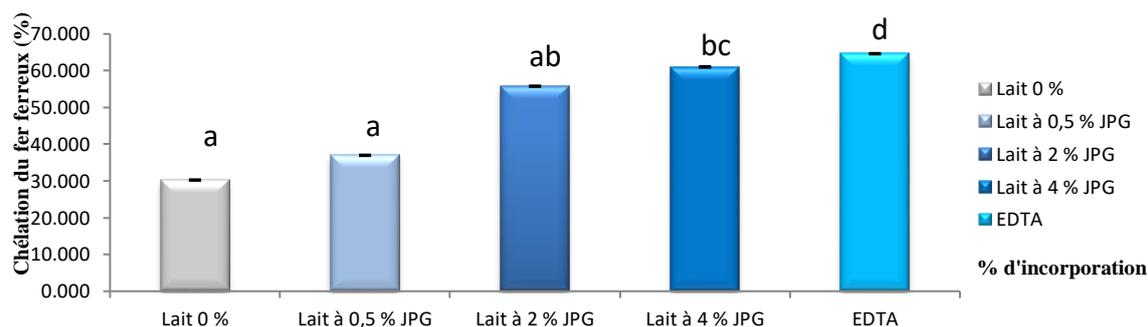


Figure 21 : Chélation du fer ferreux dans les laits incorporés du jus pulpeux du fruit de goyave, du lait témoin et de l'EDTA

a,b,c,d : représentent les différences significatives à $P < 0,05$

JPG : jus pulpeux de goyave

L'activité de chélation du standard (EDTA) est supérieure à celle de tout les laits testés (Lait témoin ; 0,5 % et 2 %), tandis que le lait incorporé à 4 % à montré un pourcentage d'inhibition similaire $p > 0,05$.

Le pourcentage d'inhibition de chélation des laits enrichis en jus de goyave augmente avec l'incorporation de ce dernier avec un % qui est de 2 fois supérieur au lait témoin.

1.1.2. Pouvoir réducteur du fer

L'analyse statistique des données montre que le facteur mis en jeu exerce un effet significatif ($p < 0,05$) sur le pouvoir réducteur des laits préparés, avec la valeur la plus

faible pour le lait témoin (0,01) et la valeur la plus élevée pour le lait incorporé à 4 % (0,024).

Les données enregistrées pour le pouvoir réducteur des laits préparés augmentent progressivement avec l'augmentation du taux d'incorporation du jus pulpeux de goyave. Tous les extraits manifestent un faible pouvoir réducteur : 0,01 à 0,024 soit moins de 12 fois du pouvoir réducteur de l'acide ascorbique pris comme standard (Figure 22).

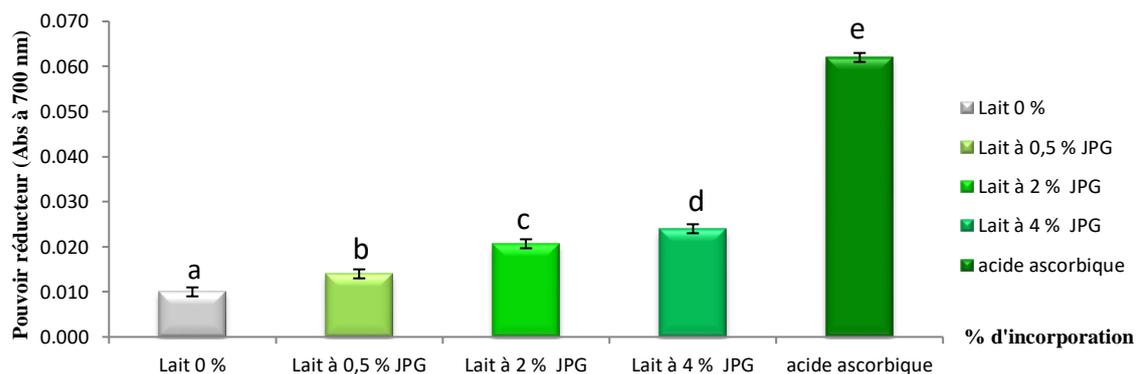


Figure 22 : Pouvoir réducteur du fer dans les laits incorporés du jus pulpeux du fruit de goyave, du lait témoin et d'acide ascorbique

a,b,c,d : représentent les différences significatives à $P < 0,05$

JPG : jus pulpeux de goyave

Yaici *et al.* (2019), ont montré que plus la concentration de l'extrait augmente plus le pouvoir réducteur augmente dans leurs études sur l'espèce *Erica arborea*, cela signifie que la capacité de réduction du fer est proportionnelle à la concentration des échantillons qui se manifeste par la réduction du fer ferrique au fer ferreux.

1.1.3. Pouvoir anti-radicalaire DPPH

L'analyse statistique des données montre une différence significative ($p < 0,05$) pour le test anti-radicalaire du DPPH avec un pourcentage d'inhibition le plus faible pour le témoin, le lait à 0,5 % et à 2 % avec des % d'inhibition qui varie de 44,98 à 46,02 %. Des valeurs qui sont inférieures par rapport au pourcentage d'inhibition du BHT utilisé comme standard (66,917%).

L'incorporation du jus de goyave dans le lait n'a pas montrée une amélioration de pourcentage d'inhibition du radical de DPPH à 0,5 et 2 % (Figure 23) néanmoins une faible augmentation de ce pourcentage n'a été observée que pour le lait avec le maximum d'incorporation du jus (lait à 4 % de goyave).

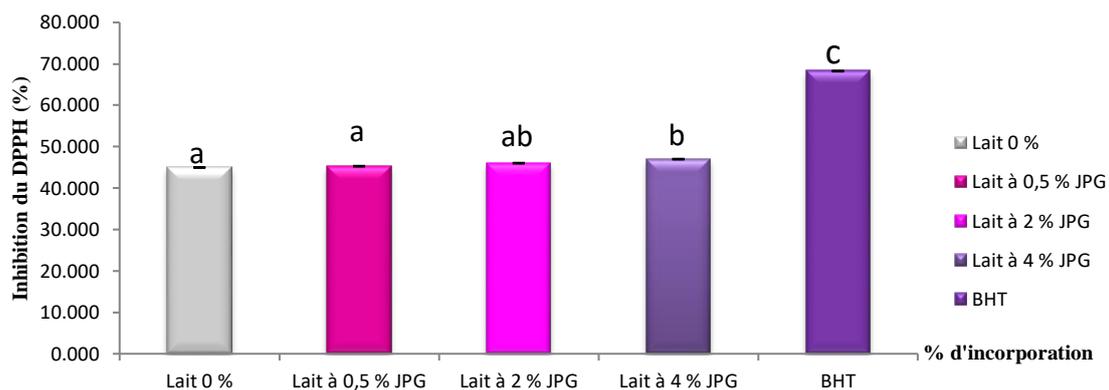


Figure 23 : % d'inhibition d'activité anti-radicalaire des laits incorporé du jus pulpeux du fruit de goyave, du lait témoin et de BHT

JPG : jus pulpeux de goyave

a,b,c,d : représentent les différences significatives à $P < 0,05$

D'après les résultats obtenus pour l'ensemble des tests d'activités antioxydants (chélation de fer ferreux, réducteur de fer et activité anti-radicalaire du DPPH) révèle que les laits incorporés possèdent une meilleure activité antioxydante par rapport au lait témoin. Cette amélioration est due à l'incorporation du jus pulpeux de goyave. D'après **Musa et al. (2011)**, le jus pulpeux de goyave agit comme une bonne source d'antioxydants naturels.

Il est difficile de comparer les résultats obtenus dans notre présente étude, aux données des autres travaux, en raison de l'implication de divers facteurs (variétés ; maturité ; stockage ...) dans l'évolution des teneurs en composés de l'activité antioxydante (**Elais, 1979**).

Il est admis que les composés phénoliques jouissent de diverses caractéristiques. Ces composés sont des constituants très importants en raison de leurs effets scavenger du radical DPPH due à leurs groupements hydroxyles (**Elmastas et al., 2006**). L'une des propriétés chimiques des composés phénoliques est leurs propriétés réductrices en agissant comme donneur d'hydrogène ou d'électron ce qui leur confère la capacité à piéger les radicaux libres (**Rice-Evans et al., 1997**).

Les différences enregistrées dans l'activité antioxydante relevées entre les extraits du lait enrichis s'accordent avec les observations de **Santos-Gomes et al. (2002)** dans leur étude sur le yaourt, et traduiraient des différences d'activités des composés solubilisés.

Conclusion

Ce présent travail avait pour but d'une aromatisation d'un lait partiellement écrémé, par la goyave (*Psidium guajava*) et d'étudier l'effet de cette incorporation sur les propriétés physico-chimiques et antioxydantes des laits élaborés.

Les différentes concentrations du jus pulpeux de goyave incorporées dans le lait a été déterminée après avoir réalisé plusieurs essais sur la base d'un ensemble de critères à savoir : la quantité du fruit ; l'identification de l'arôme ; l'acidité ; la couleur et la texture.

L'évaluation des différents paramètres physico-chimiques des produits obtenus, montre que cette incorporation induit à une augmentation pour le Brix qui est de 6,3 % pour le lait témoin et 6,4 % pour les laits incorporés à différentes concentrations.

Le pH diminue progressivement avec le taux d'incorporation du jus pulpeux de goyave, avec une valeur de 6,88 pour le lait témoin, et 6,67 pour le lait incorporé à 4 %.

Concernant les autres caractéristiques physico-chimiques (Acidité ; densité ; matière grasse, et matière sèche), les résultats des données analytiques révèlent qu'il n'existe pas de différence significative entre le témoin et les laits incorporés du jus pulpeux de goyave. Ces derniers se caractérisent par une densité qui est de 1,032 et d'une acidité qui est de 12,25 °D.

Le dosage des composés phénoliques, flavonoïdes et tannins condensés, et l'évaluation de l'activité antioxydante, ont montré que la goyave renferme des teneurs qui sont bien meilleures comparés à celles du lait témoin est proportionnelle avec les concentrations du jus de la goyave ajoutée. Le lait incorporé à 4% se manifeste par les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux solubles (17,89 mg/g), en flavonoïdes (24,61 mg/g), et en tanins (2,42mg/g). Ceci indique que l'incorporation du jus pulpeux de goyave dans le lait, a permis non seulement d'apporter une valeur nutritionnelle supplémentaire, mais également des substances bioactives dont les effets thérapeutiques ont été prouvés.

Les données analytiques, ont montré que quel que soit le test antioxydant considéré (DPPH, fer ferreux et pouvoir réducteur), tous les laits préparés affichent des absorbances inférieures à ceux des standards utilisés mais qui augmente avec le taux d'incorporation du jus pulpeux de goyave.

Le lait incorporé à 4 % se manifeste par un pouvoir anti-radicalaire du DPPH inférieur (46,99 %) de celui de BHT (66,92 %) utilisé comme standard, et d'un pouvoir réducteur qui est nettement inférieure (0,024), à celui de l'acide ascorbique pris comme standard.

Par contre pour la chélation du fer ferreux le lait à 4 % exprime un pourcentage d'inhibition (61,70 %) qui est similaire à celui de l'EDTA (61,72 %) pris comme standard.

Suite aux conditions de travail pendant la pandémie du Covid-19, des parties de notre plan d'étude, n'ont pas pu être réalisées à savoir les analyses microbiologique et sensorielle.

Par contre, les résultats obtenus dans les autres analyses, sont encourageants et le présent travail mérite d'être poursuivi et approfondi. Il serait donc souhaitable de développer cette étude en :

- ✓ Réalisant une caractérisation d'autres composés, comme les caroténoïdes et la vitamine C, teneur en protéines, et en minéraux
- ✓ réaliser un lait aromatisé avec d'autres concentrations en jus de fruit
- ✓ effectuer une analyse microbiologique
- ✓ réaliser une séance d'analyse sensorielle, pour évaluer l'acceptabilité de la boisson formulée par le public.

Références
Bibliographiques

A

- **Adrian J. (1973).** Valeur alimentaire du lait. Paris, La Maison Rustique.
- **Adrian J. A. L. N. Q. Arancon B. W. Mathews J. R. Carpenter. (2012).** Proximate analysis, in vitro organic matter digestibility, and energy content of common Guava (*Psidium guajava* L.) and yellow, strawberry Guava (*Psidium cattleianum* Var. *lucidum*) tree parts and fruits as potential forage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60 : 10398 - 10405.
- **AFNOR, Association Française de Normalisation AFNOR. (1986).** Produits Dérivés des Fruits et Légumes. Jus de Fruit.
- **AFNOR. (1980).** Recueil des normes françaises. Laites et produits laitiers.
- **AFNOR. (1995).** Détermination de l'acidité titrable en chimie VII 3 B. Edition : Paris, P 7896.
- **Alias C. (1984).** Science du lait principes des techniques laitiers.
- **Alais C. et Blanc B. (1975).** Les protéines du lait : aspects biochimiques et biologiques. *Régime mondial Revue Nutrition* : 67 - 147.
- **Amana K. (2007).** Les anacardiaceae du togo : les études botaniques, écologiques et propriétés antifongiques. Thèse de doctorat de l'université de reims champagne ardenne. 182. Antioxydant activity of stem and root of extract of rhubarb (*Rheumribes*) : *An edible medicinal plant. Food chemistry* : 623 - 630.
- **Anand V. Manikandan K. V. Kumar S. Pushpa H. A. (2016).** Phytopharmacological over view of *Psidium guajava* Linn. *Pharmacological* : 314 - 20.
- **Arima H. Danno G. (2002).** Isolement des composés antimicrobiens de la goyave (*Psidium guajava* L.) et leur élucidation structurelle. *Biosci Biotechnol Biochem* : 1727 - 30.
- **Ayaz F. A. Kucukislamoglu M et M Reunanen Sugar. (2000).** Non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutusunedo* L. var. *ellipsoidea*) Fruits. *Journal of food composition and analysis* : 171 - 177.
- **Aziman N. Abdullah N. Noor Z. M. Zulkifli K. S. et Kamarudin W. S. S. W. (2012).** Phytochemical constituents and invitro bioactivity of ethanolic aromatic herb extracts. *Sains Malaysiana* : 1437 - 1444.

B

- **Boizot N. et Charpentier J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénolique des organes d'un arbre forestier. Le Chaire des techniques de l'Inra, 79 - 82.
- **Bourgou S. Ksouri R. Bellila A. Skandrani I. F. H. et Marzouk B. (2008).** Phenolic Composition and Biological activities of tunisian Nigella Satival. Shoots and roots Comptes Rendues Biologies, 33 : 48 - 55.
- **Boutaghane L et Tamaguelt W. (2019).** Elaboration d'un yaourt brassé à base de goyave. Université Abdrrahmane Mira Béjaïa, 40 - 41.
- **Bovier C. (1993).** Le lait, la nature et les hommes. Explora, Press Pocket, Paris.
- **Brand-Williams W. Cuvelier M. E. et Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science Technology* : 25 - 30.

C

- **Camille H. (2013).** Le lait aromatisé : un facteur de croissance pour l'industrie laitière. Tetra Pak Dairy. LSA Green. Paris. France.
- **Chang C. Yang M. Wen H. et Chern J. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Food Drug Analysis* : 178 - 182
- **Cheftel J. C et Cheftel H. (1996).** Introduction à la biochimie, à la technologie des aliments. Vol 1. Edition. Technique et Documentation : *Lavoisier*, Paris, P 43.
- **Chia-Falin, Yen-Ting L, Tsung-Ying C et Chiang-Ting C. (2016).** Quercetin-rich guava (*Psidium guajava*) juice in combination with rehalose reduces autophagy, apoptosis and Pyroptosis Formation in the Kidney and Pancreas of Type II diabetic rats. *Academic Editor* : Derek, 21 : 334.
- **Cnera. (1981).** Centre National de Coordinations des Etudes et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation, Lait de consommation-Conférence de presse du 5 novembre 1981, Paris.
- **Comité mixte FAO/OMS. (1970).** L'hygiène du lait, Genève, 3ème rapport.

D

- **Dakappa S. S. Adhikari R. Sanjay S. T. et Sajjekhan S. (2013).** A review on the medicinal plant psidium guajava Linn. (Myrtaceae). *Journal of Drug Delivery and therapeutics*, 3 : 162 - 168.
- **Debry G. (2001).** Lait, nutrition et santé, Paris : Lavoisier, P 566.
- **Daels R, D. (1999).** Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, université de Lille-II, France.
- **Djeridane M. Yousfi M. Nadjma B. Boutassouma D. Stocher P. et Vidal N. (2006).** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food chemistry*, 97 : 654 - 660.
- **Deguchi Y. et Miyazaki K. (2010).** Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effects of guava leaf extract. *Nutritional Metab (Lond)*, 7 : 9.
- **Deshpande S. Cheryan M. Salunkhe D. et Luh B. (1986).** Tannin analysis of food products. *Critical Reviews in Food Science et Nutrition*, 24 : 40 - 449.
- **Das A. J. (2011).** Revue sur les propriétés nutritionnelles, médicinales et pharmacologiques de *Centella asiatica* (ombelle indienne). *Biologie Activité Produit de Nat*, 1 : 216 - 28.
- **Dignan C. A. Burlingame B. A. Kumar S. et Aalbersberg W. (2004).** The Pacific slands food composition tables. Edition : N°2. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*, Rome.

E

- **Elias L. G. Fernández D. G et Bressani R. (1979).** Possible effects of seed coat polyphenols on the nutritional quality of bean protein. *Food Science* : 524 - 527.
- **Elmastas M. Gulcin I. K. O. L. Ibaoglua K. et Aboul–Eneine H. Y. (2006).** Radical Scavenging Activity and antioxydant capacity of bay leaf extracts. *Journal of the iranien chemical society*, 3 : 258 - 266.

F

- **Fabrice L et Christian L. (2008).** La culture de goyavier. Antille Agricole. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.
- **F.A.O. (1998).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et Nutrition N°28. Isbn 92 - 5 - 20534 - 6, Rome, Italie. [en

ligne]. Disponible sur : <https://www.fao.org> : Collection FAO : ISBN. Consulté le 25 avril 2021.

- **FAO. (2007).** L'État des Ressources Zoo génétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture dans le Monde. Rome.
- **FAO. (2021).** Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers. Afrique.
- **Fournier S. (2002).** Le producteur de lait québécois, P 39.
- **Flores G. Keyvan D. Shi-Biao W. Kathleen W. Abdoulaye J. Dabo. Kurt A. Reynertson. Robert F. Foronjy. Jeanine M. D'Armiento. Edward J. et Kennelly. (2013).** Phenolic-rich extract from the Costa Rican guava (*Psidium friedrichsthalianum*) pulp with antioxydant and anti-inflammatory activity. Potential for COPD the rapy. *Food chemistry*, 889 - 895.
- **Fredot E. (2005).** Connaissance des aliments, Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Technique et Documentation, *Lavoisier*, 14 - 379.

G

- **Garcia L. Vélez A. et Roso M. (1985).** Isolation of polyphénols from the exetracs of olive leaves (*Olea europaea* L.) by adsorption on silkfibroin. Biochemecal Engeneering Research Laboratory (BERL). Departement of Chemical Enginerig. Izmir institute of Technology, 1 - 3.

H

- **Hagerman A. E. (2002).** Hydrolyzable tannin structural chemistry Tannins hand book, 1 - 5.
- **Hassimotto N. Genovese M. I. et Lajolo F. M. (2005).** Antioxydant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruits pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 : 2928 - 2935.
- **Henri F. (2021).** Lait aromatisé, nutriments et bien fait sur l'organisme, Code 2. France.

J

- **Jacques M. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Guides technologiques des Industries Agro-alimentaires. Edition Technique et Documentation : *Lavoisier*. Paris, 13 - 199.

- **Jain P. Kand P. et Nema K. (2007).** Processing of pulp of various cultivars of guava (*Psidium guajava*. L) leather production. *Agricultural Engineering International*, P 9.
- **Jain P. Priyanka J. Prabhat K. et Nema K. (2011).** Quality of guava and papaya fruit pulp as influenced by blending ratio and storage period. *American journal of food technology* : 507 - 512.
- **Jean C. M. (2001).** Le lait pasteurisé, Groupe de recherche et d'échanges technologiques, Paris.
- **Jeantet R. Thomas C. et Gérard B. (2008).** Fondement physico-chimique de la technologie laitier. Technique et Documentation Lavoisier, Paris.
- **J.O.R.A. n°69. (1993).** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18août 1993 relatif aux spécifications et à la représentation de certains laits de consommation, P 16.
- **Joseph B, et Priya M. (2011).** Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of guava (*Psidium guajava* .L). *International Journal of Pharmacology and Biology Sciences*, 2 : 53 - 69.
- **Julliard V. et Richard J. (1996).** Le lait, P 24 - 26.

K

- **Kaanane A. Kane D et Labuzat P. (1998).** Time and temperature effect on stability of Moroccan processed orange juice during storage. *Journal of Food Science*, 53 : 1470 - 1473.
- **Kitchen B. J. Taylor G. C. et White I. C. (1970).** Milk enzyme Their distribution and activity. Dairy products.
- **Kumar K. P. V. Pillai M. S. N. et Thusnavis G. R. (2011).** Extrait de graines de *psidium guajava* comme inhibiteur de corrosion écologique pour l'acier au carbone en milieu acide chlorhydrique. *Mater Sciences Technology*, 27 : 1143 - 9.

L

- **Le K. Chiu F et N. g. K. (2007).** Identification and quantification of antioxidants in *Fructuslyci*. *Food Chemistry*, 353 - 363.
- **Luquet F. M. (1990).** Laits et produits laitiers vache, Brebis, Chèvre. 2ème Edition : Technique et Documentation : *Lavoisier*, 3 - 6.
- **Li H. Wang X. Li Y. Li P. et Wang H. (2009).** Polyphenolic compound and antioxidant properties selected chine wines. *Food Chemistry*, 454 - 460.

M

- **Mathieu J. (1998).** Ecole nationale des industries du lait et des viandes de la roche-Sur Foron. Initiation à la physico-chimie du lait. Edition. Technique et Documentation : *Lavoisier*, Paris, 12 - 210.
- **Mathieu J. (1999).** Initiation à la physicochimie du lait, Technique et Documentation : *Lavoisier*, Paris, 3 - 190.
- **Morton J. F. (2004).** Fruits des climats chauds, 425 - 8.
- **Mietton B, Dermazeau M, Décroissant H, et Weber F. (1994).** Transformation du lait en fromage : Bactérie lactique. *Lorica*, P 614.
- **Michel Chauvet, (2018).** Encyclopédie des plantes alimentaires, Paris, Belin, (ISBN 978 - 2 - 7011 - 5971 - 3), « Myrtacées », (fruit, utilisation), P 878.
- **Mitra S. K. Devi H. L. Chakraborty I, Paths, K. P. K. (2012).** Recent development in postharvest physiology and storage of guava. In III International Symposium on Guava and other Myrtaceae, 89 - 95.
- **Musa K. H, Abdullah A, Jusoh K, et Subramaniam V. (2011).** Antioxidant Activity of Pink-Flesh Guava (*Psidium guajava* L.). Effect of extraction techniques and solvents. *Food analytical methods* : 100 - 107.

N

- **Naseer S. Hussain S. S. Naem N, Muhammad P et Madiha R. (2018).** The phytochemistry and medicinal value of *Psidium guajava* (guava). *Clinical Phytochemistry science*, 4 - 32.

P

- **Pascal C. (2011).** Opérations unitaires en génie biologique Tome 2, La pasteurisation, P 10.
- **Pien J. (1972).** Etude de la stérilisation technique laitière, (746) : 18 - 20.
- **Pincemail J. Degrune F. Voussure S. Malherbe C. Paquot N. et Defraigne J. O. (2007).** Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme*, 21 : 66 - 75.

- **Pointurier H. (2003).** La gestion matière dans l'industrie laitière, Technique et Documentation : *Lavoisier*, France, P 64.
- **Pougheon S. et Couraud J. (2001).** Lait, caractéristiques physico-chimiques dans : Lait nutrition et santé.
- **Popovici C, Saykova I, et Tylkowski B. (2009).** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industriel* : 25 - 39.

R

- **Ramet J. P. (1985).** La matière Première-Lait, La fromagerie et les variétés de fromages dans le bassin Méditerranéen, Etude FAO production et santé animales, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, P 48.
- **Rhoetest M. (2010).** Phénomène et viscosimètre à capillaire des produits alimentaires et aromatisants.
- **Ribéreau-Gayon P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris, Francia.
- **Rice E.C. Nicholas M. et George P. (1997).** Review of Antioxidant properties of phenolic compounds. International Antioxidant Research Centre, United Medical and Dental Schools of Guy's and St Thomas's Hospitals, Guy's Hospital, London : 152 - 159.
- **Ruiz-Rodriguez P. Morales P.V. et Fernandz R. (2011).** Valorization of wild strawberry tree fruits (*Arbutusunedo L.*) through nutritional assessment and natural production data. *Food research International* : 1244 - 1253.

S

- **Santos G. Paula C. Rosa M. Seabra. Paula B. Andrade. Manuel. et Fernandes F. (2002).** Phenolic antioxydant compound produced by in vitro shoot of sage (*salvia officinales L.*). *Plant science* : 981 - 987.
- **Shivani S et Dr. Anjan B. (2021).** Bioactive compounds present in different parts of Guava and their significance. *The Pharmacology Innovation Journal*, 10 : 163 - 171.
- **Souad L. (2009).** La goyave, un fruit tropical produit à Fouka (Tipaza) Exotisme dans la Mitidja [en ligne]. Disponible sur : <https://www.djazairress.com>, (consulté le 09 mai 2021).

- **Soulama S. Sanon H. O. Meda R. N. T. et Boussim J. I. (2014).** Teneur en Tanins de 15 ligneux fourragers de bourkinafaso. *Afrique Science*, 10 : 180 - 190.
- **Škerget M. Kotnik P. Hadolin M. Hraš A. Simonič M. et Knez T. (2005).** Phenols, Proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activity. *Food Chemistry* : 191 - 198.
- **Suntt O. L. (2002).** Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration, *Jornal : Pharmacy. Biomed. Anal*, 28 : 849 - 55.

T

- **Tanwar B. Andallu B et Sanjeev C. (2014).** Influence of Processing on physicochemical and nutritional composition of Psidium Guajava L. (Guava) Products, P 8.
- **Thaipong K. Boonprakob U. Crosby K, Cisneros-Zevallos L. et Byrne D. H. (2006).** Comparaison des tests ABTS, DPPH, FRAP et ORAC pour estimer l'activité antioxydant des extraits de goyave. *Food Composition Anal* : 669 - 675.
- **Thieun G. et Vuillaume R. (1967).** Eléments pratiques d'analyse et d'inscription du lait de produits laitiers et des œufs-revue générale des questions laitières 48 avenue, Président Wilson, Paris, 71 - 73.

U

- **Upadhyay R. Dass J. F. P. Chauhan A. K. Yadav P. Singh M. et Singh R. B. (2019).** Guava enriched functional foods : therapeutic potentials and technological challenges. In R. Watson R. Singh and T. Takahashi, The role of functional Food security in global health. New York : *Academic Press*, 365 – 378.

V

- **Veisseyre R. (1979).** Technologie du lait : constituants, récoltes, traitement et transformation du lait. 3ème Edition, La maison rustique. Paris.
- **Vierling E. (2003).** Aliment et boisson : Filière et produit, centre régionale de la documentation pédagogique d'aquitaine, Doin éditeur, 2ème édition, 11 - 270.

Y

- **Yadav R. et Agarwala M. G. (2011).** Phytochemical analysis of some medicinal plants. *Journal of Phytology*, 3 : 10 - 14.
- **Yaici K. Dahamna S. Moualek L. Belhadj H. et Houali K. (2019).** Evaluation of the Content of Phenolic Compounds, Antioxidant and Antimicrobial Properties of *Erica arborea* L. (Ericaceae) in Traditional Medicine of Setifian Tell in the East Algerian. *Lavoisier*, P 7.
- **Yousaf A. A. Kashif S. A. Asif A. Imran H. Asma S. Abdul Q. et Muhammad A. A. (2021).** Physico-chemical and nutraceutical characterization of selected indigenous guava (*Psidium guajava* L.) Cultivars. Food Science. *Technology Campinas*, 41 : 47 - 58.
- **Yun-Hwa P. H. et Jack A. O. (2007).** Innovations in food technology for health. *Asie, Pacific journal of clinical nutrition*, 16 Suppl : 65 - 73.

Z

- **Zapata P. J. Navarro D. Guilléna F. Castillo S. Romero D. Valero D. et Serrano M. (2013).** Characterisation of gels from different *A. loesp.* As antifungal treatment : Potential crops for industrial applications. *Industrial Crops and Products* : 223 - 230.
- **Zubiria L. (2021).** Valeurs nutritionnelles et calorique de la goyave. Paris, nutrition santé.

Site Web :

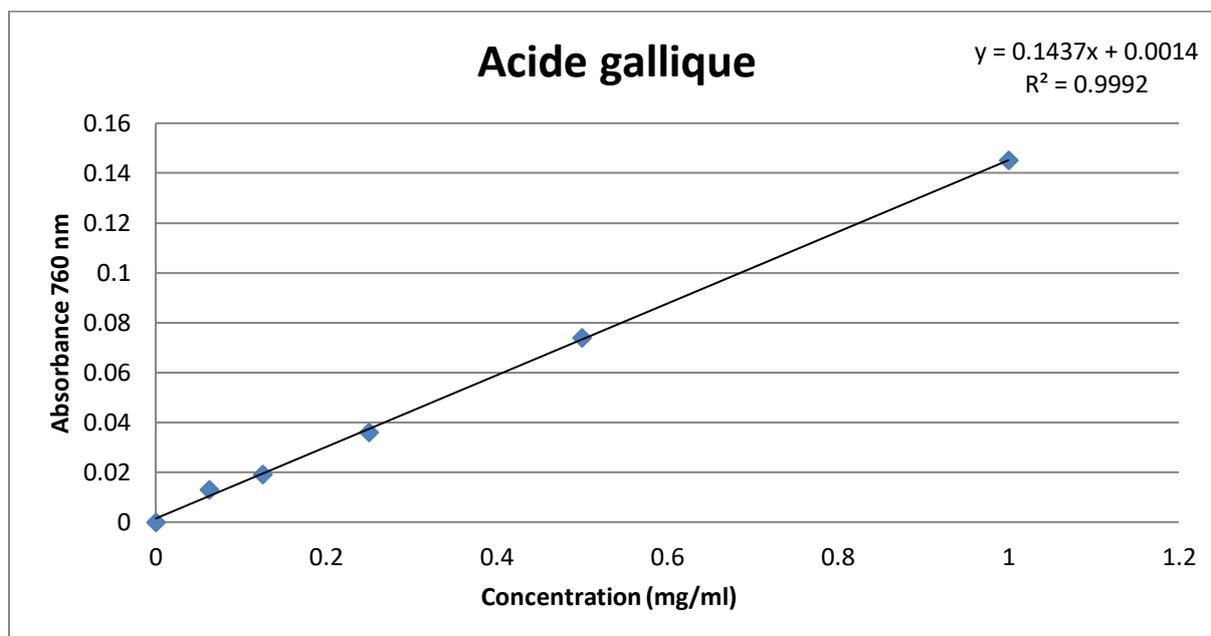
<https://www.ocf.berkeley.edu/montymex/guava/distribution.html> Consulté le 15 juin 2021.

Annexes

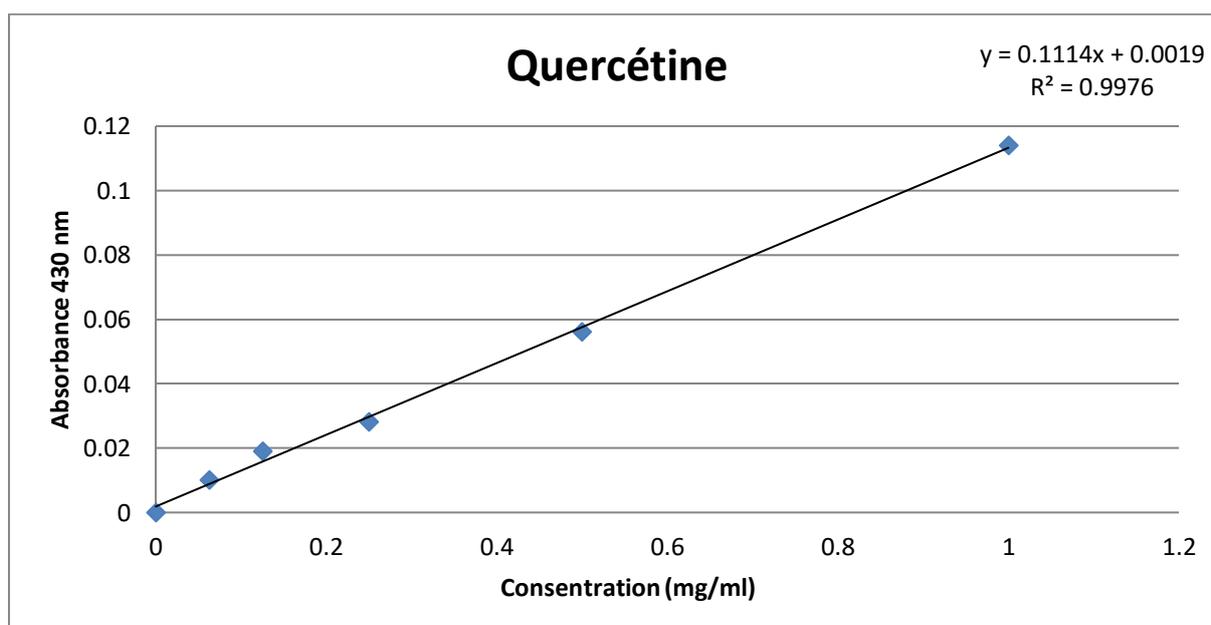
Annexes :

Annexe I : Courbes d'étalonnage

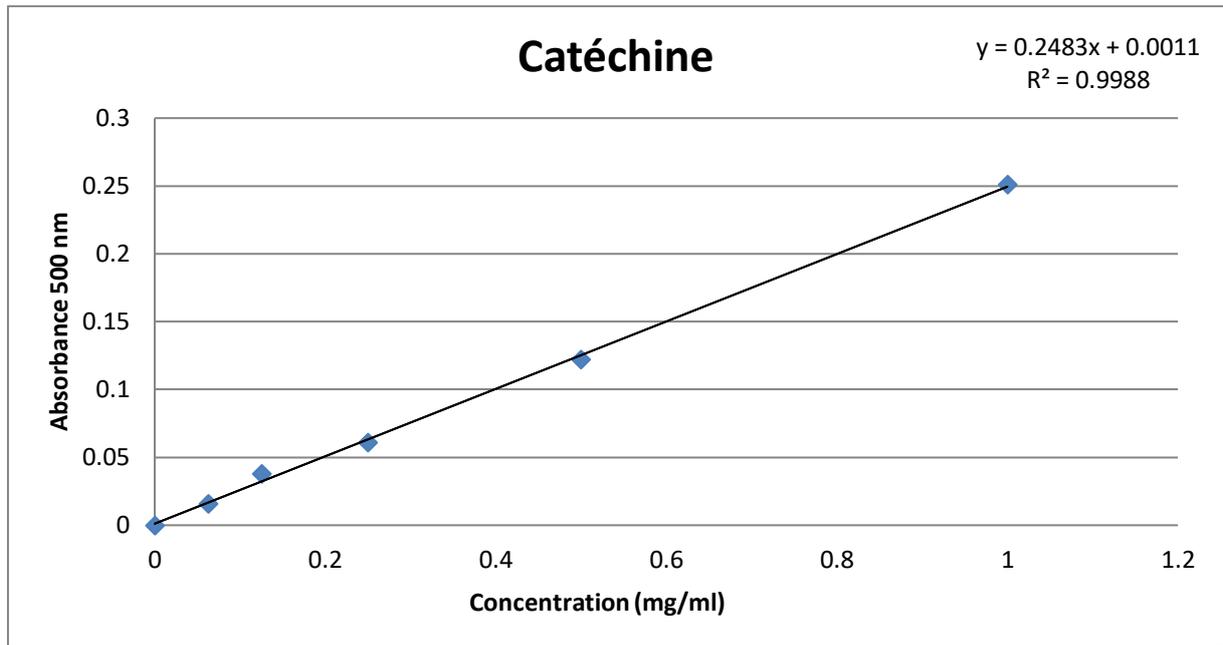
5. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour la quantification des composés phénoliques :



6. Courbe d'étalonnage de la quercétine pour la quantification des flavonoïdes :



7. Courbe d'étalonnage de la catéchine pour la quantification des tanins condensés :



Annexe II : Présentation de l'organisme d'accueil

➤ **Historique de la laiterie :**

La laiterie d'Amizour (ORLAC), est créée en janvier 1995, elle est devenue filiale du groupe **GIPLAIT** à partir du 21 septembre 1997.

Au début l'unité UPL 03 a créé une entente de commercialisation du lait pasteurisé, au niveau de chef au lieu de la wilaya de Bejaia, par la suite ce projet, fût développé en une unité de conditionnement du lait au niveau d'Amizour.

Les travaux ont commencé en juillet 1993, après destinés acquisition des locaux à la création d'un centre vétérinaire, l'aménagement de ces locaux a pris fin en Décembre 1994, et la mise en activité en janvier 1995.

➤ **Situation géographique :**

La laiterie d'amizour se situe au domaine Maouchi Ahmed à 8 Km du chef lieu d'Amizour, sur la route menant à Amizour, Semaoun. Sa superficie est de 6400 m², elle est délimitée au nord et à l'Ouest par l'oued Amassine, au sud par le village agricole, à l'est par la coopérative d'élevage (coopsel).

➤ **Produits GIPLAIT :**

- Lait pasteurisé conditionné (LPC);
- Lait fermenté conditionné (LFC);
- Lait de vache conditionné (LVC);
- Crème fraîche ;
- Beurre.

Annexe III : Préparation des solutions

Solution	Préparation
Hydroxyde de sodium (NaOH) 0.1N	2 g NaOH + 500 ml d'eau distillée (ED)
Chlorure de sodium (NaCl)	9 g + 1000 ml ED
Réactif phénolphtaléine	0.5 g phénolphtaléines + 50 ml l'éthanol
Ethanol 80%	100 ml d'éthanol pure + 28.59 ml ED
Folin-ciocalteau 1/10	10 ml folin-ciocalteau à + 9 0ml ED
Carbonate de sodium (Na ₂ CO ₃) 7,5%	7,5 g Na ₂ CO ₃ + 100ml de ED
Chlorure d'Aluminium (ALCl ₃) 2%	2 g ALCl ₃ + 100 ml méthanol
Vanilline-HCl	5,8 g vanilline + 100 ml méthanol 64,86 ml HCl + 100 ml ED
Ferrozines 5 mM	0,123 g ferrozines + 50 ml ED
Chlorure de fer(FeCl ₂) à 2 mM	0.025 g FeCl ₂ + 100 ml ED
Ethylène diamine tétraacétique(EDTA)	0,005965 mg + 1 ml ED
Tampon phosphate (0.2 M, pH 6.6)	0.68 g KH ₂ PO ₄ (acide) + 100 ml ED 0.87 g K ₂ HPO ₄ (basique) + 100 ml ED La solution acide est ajustée avec la solution basique jusqu'à l'obtention d'un pH = 6.6
Ferricyanure de potassium (K ₃ Fe(CN) ₆) 1%	1 g (K ₃ Fe(CN) ₆) + 100 ml ED
Acide trichloracétique (TCA) 10%	10 g TCA + 100 ml ED
Chlorure ferrique (FeCl ₃) à 0,1%	0.1 g FeCl ₃ + 100 ml ED
2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle (DPPH)	0,0024 g + 100 ml méthanol
Réactif bouchardât	2 g iode bisubliné (I ₂) + 2 g KI ajusté à 100 ml ED
Acide sulfurique (H ₂ SO ₄) à 0.255N	7 ml H ₂ SO ₄ 96-98% ajustés à 1000ml ED
Acide gallique (C ₇ H ₆ O ₅)	0,001 mg acide gallique + 10 ml éthanol
Catéchine(C ₁₅ H ₁₄ O ₆)	0,015 g catéchine + 5 ml éthanol
Acide ascorbique	0,5 mg + 1 ml éthanol
Ethyl Diamine Tétra Acétique(EDTA)	0,005 mg + 1 ml éthanol
Hydroxytoluène butylé(BHT)	5 mg + 10 ml éthanol

Annexe IV : Analyse de la variance (ANOVA) sur le Logiciel Statistica 5.1. :

1. Données d'analyse physico-chimique du lait aromatisé :

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks		--	5	4,00000	--
ECHANTIL	Wilks		--	15	11,44364	--

• Acidité :

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1825,333	1	1825,333	5476,000	,000000
ECHANTIL	2,000	3	,667	2,000	,192657
Error	2,667	8	,333		

Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,33333, df = 8,0000		
Cell No.	ECHANTIL	ACIDITE Mean	1	
4	Goyav4%	11,66667	****	
3	Goyav2%	12,33333	****	
2	Goyav0,5	12,66667	****	
1	Témoin	12,66667	****	

• pH :

Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	549,9948	1	549,9948	164998E2	0,000000
ECHANTIL	,0735	3	,0245	735,	,000000
Error	,0003	8	,0000		

Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00003, df = 8,0000				
Cell No.	ECHANTIL	PH Mean	1	2	3	4
4	Goyav4%	6,666667	****			0,00
3	Goyav2%	6,733333		****		0,00
2	Goyav0,5	6,803333			****	0,00
1	Témoin	6,876667				0,00

- **Densité :**

Univariate Tests of Significance for DENSITE					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12,76584	1	12,76584	510634E2	0,000000
ECHANTIL	,00000	3	,00000	1,	,362975
Error	,00000	8	,00000		

LSD test; variable DENSITE (analyse physico.sta)			
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 8,0000		
Cell No.	ECHANTIL	DENSITE Mean	1
4	Goyav4%	1,031000	****
3	Goyav2%	1,031333	****
2	Goyav0,5	1,031667	****
1	Témoin	1,031667	****

- **Matière grasse :**

Univariate Tests of Significance for MGRASSE					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2640,333	1	2640,333	7921,000	,000000
ECHANTIL	3,000	3	1,000	3,000	,095128
Error	2,667	8	,333		

LSD test; variable MGRASSE (analyse physico.sta)			
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,33333, df = 8,0000		
Cell No.	ECHANTIL	MGRASSE Mean	1
4	Goyav4%	14,33333	****
3	Goyav2%	14,33333	****
2	Goyav0,5	15,33333	****
1	Témoin	15,33333	****

- **Humidité :**

Univariate Tests of Significance for HUMIDITE					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	97847,27	1	97847,27	878184,1	0,000000
ECHANTIL	,15	3	,05	,5	,721604
Error	,89	8	,11		

LSD test; variable HUMIDITE (analyse physico.sta)			
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,11142, df = 8,0000		
Cell No.	ECHANTIL	HUMIDITE Mean	1
3	Goyav2%	90,17733	****
1	Témoin	90,20367	****
4	Goyav4%	90,36900	****
2	Goyav0,5	90,44667	****

- Matière sèche :

Univariate Tests of Significance for MSECHE					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1129,274	1	1129,274	10135,29	,000000
ECHANTIL	,152	3	,051	,45	,721604
Error	,891	8	,111		

LSD test; variable MSECHE (analyse physico.sta)			
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,11142, df = 8,0000		
Cell No.	ECHANTIL	MSECHE Mean	1
2	Goyav0,5	9,553333	****
4	Goyav4%	9,631000	****
1	Témoin	9,796333	****
3	Goyav2%	9,822667	****

- Brix :

Univariate Tests of Significance for BRIX					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	487,6875	1	487,6875	--	--
ECHANTIL	,0225	3	,0075	--	--
Error	0,0000	8	0,0000		

LSD test; variable BRIX (stat brix.sta)				
Suite...	Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00010, df = 8,0000			
Cell No.	ECHANTIL	BRIX Mean	1	2
1	Témoin	6,310000	****	
3	Goyav2%	6,410000		****
4	Goyav4%	6,410000		****
2	Goyav0,5	6,410000		****

2. Données de dosages des composés phénoliques :

Multivariate Tests of Significance (stat cphenoliques.sta)						
Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	,002600	767,2197	3	6,00000	,000000
ECHANTIL	Wilks	,002120	18,9316	9	14,75303	,000001

- PTS :

Univariate Tests of Significance for PTS					
Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	19,78350	1	19,78350	2067,188	,000000
ECHANTIL	1,73787	3	,57929	60,530	,000008
Error	,07656	8	,00957		

LSD test; variable PTS (stat cphenoliques.sta)						
Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00957, df = 8,0000						
Cell No.	ECHANTIL	PTS Mean	1	2	3	4
1	Témoin	,850233	****			0,00
2	Goyav0,5	1,053799		****		0,00
3	Goyav2%	1,373319			****	0,00
4	Goyav4%	1,858600				0,00

- Flavonoïdes :

Univariate Tests of Significance for FLAV					
Suite... Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	64,06000	1	64,06000	1964,682	,000000
ECHANTIL	1,78007	3	,59336	18,198	,000622
Error	,26085	8	,03261		

LSD test; variable FLAV (stat cphenoliques.sta)				
Suite... Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03261, df = 8,0000				
Cell No.	ECHANTIL	FLAV Mean	1	2
1	Témoin	1,644367	****	
2	Goyav0,5	2,499533		****
3	Goyav2%	2,541600		****
4	Goyav4%	2,556433		****

- **Tanins :**

Univariate Tests of Significance for TANINS					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	.429787	1	.429787	219,4262	.000000
ECHANTIL	.129228	3	.043076	21,9923	.000322
Error	.015669	8	.001959		

LSD test; variable TANINS (stat cphenoliques.sta)					
Suite...	Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .00196, df = 8,0000				
Cell No.	ECHANTIL	TANINS Mean	1	2	3
1	Témoin	.046133	****		
2	Goyav0,5	.141933		****	
4	Goyav4%	.251133			****
3	Goyav2%	.317800			****

3. Données de dosage de l'activité antioxydante :

- **Chélation du fer ferreux :**

Univariate Tests of Significance for CH_FER					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	37589,65	1	37589,65	109338,3	0,000000
ECHANTIL	1072,50	4	268,13	779,9	.000000
Error	3,44	10	.34		

LSD test; variable CH_FER (stat standard.sta)					
Suite...	Homogenous Groups, alpha = .05000 Error: Between MS = .34379, df = 10,000				
Cell No.	ECHANTIL	CH_FER Mean	1	2	3
1	Témoin	44,98333	****		
2	Goyav0,5	45,38933	****		
3	Goyav2%	46,01900	****	****	
4	Goyav4%	46,99000		****	
5	Standard	66,91700			****

- **Pouvoir réducteur du fer :**

Univariate Tests of Significance for PR_FER (standard 3.sta)					
Suite...	Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	.011371	1	.011371	5016,735	.000000
ECHANTIL	.006809	4	.001702	751,000	.000000
Error	.000023	10	.000002		

LSD test; variable PR_FER (standard 3.sta)							
Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 10,000					
Cell No.	ECHANTIL	PR_FER Mean	1	2	3	4	5
1	Témoin	,010000	****				0,00
2	Goyav0,5	,014000		****			0,00
3	Goyav2%	,020667			****		0,00
4	Goyav4%	,024000				****	0,00
5	Standard	,069000					0,00

- DPPH :

Univariate Tests of Significance for DPPH (stat standard.sta)					
Suite...		Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition			
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	36799,70	1	36799,70	8904,894	,000000
ECHANTIL	2540,93	4	635,23	153,716	,000000
Error	41,33	10	4,13		

LSD test; variable DPPH (stat standard.sta)					
Suite...		Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,34379, df = 10,000			
Cell No.	ECHANTIL	DPPH Mean	1	2	3
1	Témoin	44,98333	****		
2	Goyav0,5	45,38933	****		
3	Goyav2%	46,01900	****	****	
4	Goyav4%	46,99000		****	
5	Standard	66,91700			****

Annexe V : Matériels utilisés



Photo N°01 : Mixeur électrique



Photo N°02 : pH-mètre



Photo N°03 : Balance analytique



Photo N°04 : Bain marie



Photo N°05 : Dessiccateur



Photo N°06 : Réfractomètre



Photo N°07 : Vortex



Photo N°08 : Plaque agitatrice



Photo N°09 : Spectrophotomètre



Photo N°10 : Centrifugeuse



Photo N°11 : Etuve



Photo N°12 : Balance

Résumé :

La goyave (*Psidium guyajuvu*), est un fruit exotique qui présente une haute valeur nutritive, il est utilisé dans diverses préparations culinaires de façons différentes selon les pays et les régions. L'objectif principal visé par ce travail, est d'étudier l'effet de l'enrichissement et l'aromatisation par différentes concentration du jus pulpeux de goyave (0,5 % ; 2 % ; 4 %), sur les propriétés nutritionnelles du lait. Les analyses expérimentales réalisées, ont porté sur l'étude des propriétés physico-chimiques (acidité, pH, densité, matière grasse, matière sèche, Brix) et l'évaluation des teneurs en composés phénoliques (CPT, flavonoïdes, tanins) et leur activité antioxydante (DPPH, chélation du fer ferreux, pouvoir réducteur du fer).

Les résultats obtenus, montrent que les laits incorporés se caractérisent par une augmentation du taux de Brix, et un pH légèrement inférieur par rapport au lait témoin. L'incorporation du jus pulpeux de goyave dans le lait, à permis de l'enrichir en composés bioactifs (CPT, flavonoïdes, tanins), le lait incorporé à 4 % est significativement ($p < 0.05$) plus riches en CPT (17,89 mg/g d'échantillon), flavonoïdes (24,48 mg/g d'échantillon) et tanins (2,76 mg/g d'échantillon) respectivement. Tous les extraits du lait manifestent également une plus grande activité antioxydante qui augmente avec le taux d'incorporation du jus pulpeux de goyave.

Mots clés : *Psidium guyajuvu* ; goyave ; fruit ; lait ; qualité physico-chimique ; composés bioactifs ; activité antioxydant.

Summary :

Guava (*Psidium guyajuvu*), is an exotic fruit with a high nutritional value and is used in various culinary preparations in different ways depending on the country and region. The main objective of this work is to study the effect of enrichment and aromatization by different concentrations of pulpy guava juice (0.5 % ; 2 % ; 4 %), on nutritional properties of milk. The experimental analyses carried out included the study of the physico-chemical properties (acidity, pH, density, fat, dry matter, Brix) and the evaluation of the contents of phenolic compounds (CPT, flavoids, tannins) and their antioxidant activity (DPPH, iron chelation, iron reducing power).

The results obtained show that the milk incorporated is characterized by an augmentation of the Brix level and a slightly lower pH compared to the control milk. The incorporation of pulpy guava juice into the milk, allowed to enrich it in bioactive compounds (CPT, flavonoids, tannins), the milk incorporated at 4 % is significantly ($p < 0.05$) richer in CPT (17.89 mg/g sample), flavonoids (24.48 mg/g sample) and tannins (2.76 mg/g sample) respectively. All milk extracts also show greater antioxidant activity which increases with the rate of incorporation of pulpy guava juice.

Keywords : *Psidium guyajuvu* ; guava ; fruit ; milk ; physico-chemical quality ; bioactive compounds ; antioxidant activity.