

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A, MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Sciences Alimentaires

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle

En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**FORMULATION ET ANALYSE D'UN YAOURT ENRICHIS
AVEC LA PULPE DE CITROUILLE**

PRESENTE PAR :

ATHAMNIA TAKOUA & GRIM LINDA

Soutenu le : **03/07/2024**

Devant le jury composé de :

M^{me}. OUKIL Naima

Président

M^{me}. BENAZZOUZ Leila

Encadreur

M^{me}. OUCHEMOUKH Nadia

Examineur

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier DIEU tout puissant qui nous a donné la santé, la volonté, la patience et nous a guidé à réaliser ce modeste travail.

Nous souhaitons également exprimer nos profondes gratitude envers notre Promotrice, **Mme SMAIL Leila**, pour son attention soutenue et son engagement indéfectible dans ce projet. Sa participation au jury de soutenance et ses conseils éclairés ont été essentiels à la réussite de ce travail. Sa patience envers nos erreurs et son soutien constant ont été particulièrement précieux tout au long de notre parcours.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers les membres du jury, en particulier la présidente **Mme OUKIL Naima** et l'examinatrice **Mme OUCHEMOUKH Nadia**, pour avoir accepté d'évaluer notre travail. Nous tenons également à remercier sincèrement tous les enseignants de la faculté SNV et spécialement ceux du département des sciences alimentaires, qui ont joué un rôle essentiel dans notre formation universitaire.

Nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à :

Monsieur **Benarab N**, le Gérant de « Délice Laitier », pour nous avoir accordé l'opportunité et les ressources nécessaires pour mener à bien ce travail.

À toute l'équipe de l'unité « Délice Laitier », spécialement à Mr **Samir**, Chef du laboratoire microbiologique et physicochimique, ainsi qu'à **Mr Wahab**, et à nos chères **Fatima** et **Dania**, pour leur soutien continu tout au long de notre stage.

A Monsieur **Bachir Bey**, Mme **Emadalou** et Mme **Nigrou** dont le soutien sans faille, le geste sympathique et la brillante générosité ont été d'une aide précieuse

Nous exprimons un immense merci à nos chers parents, dont le soutien inconditionnel, les encouragements permanents et l'aide précieuse ont été indispensables tout au long de notre parcours académique.

Enfin, nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Dédicaces

Par la grâce de DIEU Tout-Puissant

À l'occasion de ce jour mémorable, je souhaite dédier ce travail

A ma très chère mère,

Aucune parole ne peut vraiment transmettre l'intensité de mon amour et de mon affection pour toi. Tu as toujours été là pour moi, me soutenant et me réconfortant dans les moments difficiles. Ce travail humble est le témoignage de tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et mon développement. Je ne pourrai jamais assez te remercier pour tout ce que tu as fait.

Que Dieu t'accorde santé, bonheur et une longue vie.

Pour mon cher père.

Tes efforts infatigables et ton amour sans bornes ont été le socle sur lequel je me suis construit. Je te suis éternellement reconnaissant. Que Dieu te préserve en bonne santé et t'offre une vie longue et heureuse.

À mes chères sœurs, **Raja** et **Kholoud**, je suis reconnaissante pour leur amour et leur soutien constants. Que notre lien fraternel demeure toujours fort et solide.

À mes frères, **Sami**, **Louna** et **Gedza** pour leur présence rassurante et leurs encouragements sincères. Que ce travail vous rende fiers.

À ma tante bien-aimée **Souad**, dont la sagesse et les bénédictions ont toujours illuminé mon chemin. Votre affection et vos prières ont été pour moi une source de réconfort constant.

À mes neveux **Maher** et **Miral**, qui illuminent ma vie de leur présence joyeuse et de leur amour inconditionnel. Que vos sourires et votre énergie contagieuse continuent de remplir nos vies de bonheur et de joie.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes amies **Abd elhak**, **Souha**, **Lyna**, **Rabiha** et **Nawel**, pour leur soutien inébranlable, leurs encouragements précieux et leur présence indispensable tout au long de cette étape cruciale.

À toutes mes amies chères, ainsi qu'à tous les enseignants qui ont enrichi mon parcours académique.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire, MERCI.

Takoua R

Dédicaces

Pour avoir ce travail n'est jamais été facile mais grâce à **Dieu** qui nous a donné de la force ainsi que de la patience pour continuer ce travail.

A notre promotrice madame **Smail Leila** et ma binôme **Athamnia Takoua**. À toute l'équipe de l'entreprise délices laitière **Benarab Nourdine, Benarab Fatima, Ayadi Dania, Samir** et **Wahab**, je voudrais les remercier énormément pour leur merveilleuse conseil et accompagnement.

Au **père** le plus formidable du monde toujours présent à mes côtés sont rien attendre en retour et pour que je suis ici.

A ma chère mère dans les prières et les conseils m'accompagnent toujours.

A mes merveilleuses **sœurs** irremplaçable et unique au monde **Yasmine et son mari, Malika, Meriam et Amina,**

A mes chère tante **Fatma, Zohra, Nora et Latifa** et ma grand-mère qui vraiment soutenu

A mon oncle, que je voulais tant avoir à mes côtés en ce moment, que dieu lui accorde sa miséricorde, j'espère qu'Allah nous rassemblera au Janna.

Aux personnes les plus extraordinaires que j'ai jamais rencontré **Asma, Maria, Souhila, Takoua, Wafa, Meriama, Hayat Amel, Randa, Aminat, Nadia, Hania, Souha** et **Rbiha.**

Dédicace à ma famille, pour qui les mots ne suffiront pas pour remercier, à tous ceux qui se sont tenus à nos côtés, à tous ceux qui nous aiment de près ou de loin, au groupe **Akn Kan** et à tous nos amis à l'étranger.

Dédicace à tous les professeurs qui ont travaillé de tout leur cœur et de tous leurs efforts pour nous transmettre des connaissances et bien sur notre section **CQAA Promo 2019.**

Linda

Liste des abréviations

ACP : Analyse en composante

AFNOR : Association française de normalisation

CAH : Classification ascendante hiérarchique

DPPH: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

EST : L'Extrait Sec Totale obtenu

FDA: Food and Drug Administration

ISO : Organisation internationale de normalisation

JORA : Journal officiel de la république algérienne

MG : Matière grasse

MP : Matière première

MSNF: Milk Solids Not Fat

PDL : Poudre du lait

RN : Route nationale

VRBG : Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le yaourt

1. Historique	3
2. Définition du yaourt	3
3. Types de yaourt	4
3.1. Selon la texture	4
3.2. Selon la matière grasse	5
3.3. Selon l'ajout.....	5
3.4. Selon le type de type de lait.....	5
4. La fermentation lactique du yaourt	6
4.1. Définition de La fermentation lactique.....	6
4.2. Microbiologie de la fermentation lactique du yaourt	7
5. Effets nutritionnels et thérapeutiques du yaourt.....	7
6. Etapes de fabrication du yaourt.....	9

Chapitre II : Description générale de la citrouille

1. Classification botanique	14
2. Composition chimique, propriétés nutritionnelles et thérapeutiques	15

Partie expérimentale

1. Objectif de l'étude	18
2. Présentation de l'organisme d'accueil.....	18
3. Matériel et méthodes	19
3.1. Matériel végétal	19
3.2. Préparation de la purée de citrouille	19
3.3 Formulation du yaourt brassé à la pulpe de la citrouille.....	20
3.4. Evaluation sensorielle.....	23
4. Analyses physico-chimiques	24
4.1. Détermination du pH	25
4.2. Détermination de l'Acidité titrable du yaourt.....	25

4.3. Taux de matière grasse des yaourts	26
4.4. Dosage des glucides réducteurs du yaourt.....	26
4.5. Dosage de calcium du yaourt.....	27
4.6. Teneur en sel du yaourt	27
4.7. Dosage de protéines totales du yaourt	28
4.8. Détermination de l'extrait sec totale du yaourt	28
4.9. Détermination du taux de cendre du yaourt et purée de citrouille.....	29
4.10. Dosage des composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante.....	30
4.11. Dosage des composés phénoliques de la citrouille et du yaourt.....	31
4.12. Dosage des flavonoïdes	32
4.13. Evaluation de l'activité antioxydante (test anti-radicalaire au DPPH).....	32
5. Analyses bactériologique de yaourt	33
5.1. Enterobacteriaceae.....	33
5.2. Staphylococcus aureus	33
5.3. Salmonella	33

Résultats et discussions

1. Caractérisation de la pulpe et des purées de citrouille	35
2. Résultats de l'évaluation sensorielle des yaourts formulés	36
2.1. Profils sensoriels des yaourts formulés	37
2.2. Caractérisation des produits.....	37
2.3. Analyse en composantes principales (ACP).....	39
2.4. Cartographie des préférences (PREFMAP).....	40
3. Caractérisation physico-chimique du yaourt préféré	41
4. Suivi du pH et de l'acidité titrable du yaourt enrichi	44
5. Teneurs en composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante	45
5.1. Teneurs en polyphénols totaux	45
5.2. Teneurs en flavonoïdes	46
5.3. Capacité de piégeage du radical DPPH	46
6. Résultats des analyses microbiologiques du yaourt préféré.....	46
Conclusion.....	48
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau I : Composition de différents types de yaourt	6
Tableau II : Taxonomie de <i>Cucurbita pepo</i>	14
Tableau III : Composition nutritionnelle de base de la pulpe de la citrouille	16
Tableau IV : Les spécificités de la citrouille étudiée.	19
Tableau V : Ingrédients utilisés et étapes de préparation des purées de citrouille.....	19
Tableau VI : Proportions de pulpe de citrouille incorporées aux yaourts.....	21
Tableau VII : Codes des échantillons analysés.....	23
Tableau VIII : les analyses bactériologique des yaourts	33
Tableau IX : Résultats des analyses physicochimiques de la pulpe et purée de citrouille.	35
Tableau X : Résultats des analyses physicochimiques des yaourts.	42
Tableau XI : Teneurs en composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante.	45
Tableau XII : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt enrichi.	47

Liste des figures

Figure 1 : Les bactéries lactiques du yaourt au microscope optique.....	7
Figure 2 : Diagramme général de fabrication des principaux types de yaourts	12
Figure 3 : Photographie des composants de la citrouille.....	14
Figure 4 : Photographies des étapes de préparation de la purée de citrouille.	20
Figure 5 : Etapes de préparation du yaourt brassé à la citrouille au niveau de l'unité Délice laitière.....	22
Figure 6 : Photographie de la cabine de dégustation.....	24
Figure 7 : Détermination de L'extrait sec totale (EST).....	29
Figure 8 : Préparation de l'extrait de citrouille.	31
Figure 9 : Photographies des purées de citrouilles (a : sucrée, b : non sucrée).....	35
Figure 10 : Profils sensoriels des yaourts formulés (graphe radar).	37
Figure 11 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	38
Figure 12 : Coefficients des modèles des quatre échantillons de yaourts.	39
Figure 13 : Corrélation entre les variables(a) et les facteurs(b).	40
Figure 14 : Carte des préférences des yaourts formulés.....	41
Figure 15 : Photographie du yaourt préféré et enrichi à 10% de purée de citrouille.....	41
Figure 16 : Suivi du pH et de l'acidité titrable du yaourt enrichi	44

Introduction

Le yaourt est l'un des produits laitiers fermentés les plus appréciés à tous les âges, il est consommé dans le monde entier, non seulement pour ses propriétés sensorielles appréciables, mais également pour ses propriétés nutritives considérables (**Barakat et al., 2017**).

Le yaourt est produit par une fermentation lactique en ajoutant des bactéries lactées au lait, Cela implique la production de l'acide lactique par la décomposition du glucide pendant la fermentation (**Liu, 2003**).

Les aliments laitiers fermentés jouent un rôle essentiel dans l'alimentation quotidienne des habitants de la Méditerranée (**Khalil et al., 2023**). Plusieurs études ont montré que la consommation de yaourt et d'autres aliments fermentés peuvent améliorer la santé intestinale et extra-intestinale et pourrait être utile pour améliorer la malabsorption du lactose, traiter la diarrhée infectieuse, réduire la durée et l'incidence des infections respiratoires et renforcer le système immunitaire (**Kok et Hutkins, 2018**).

Ces dernières années, la production de yaourts avec différents ajouts s'est intensifiée afin de stimuler la consommation de yaourt et d'offrir des alternatives diversifiées. La demande croissante des consommateurs pour des produits à la fois savoureux et nutritifs a conduit à l'incorporation de fruits et de légumes dans le yaourt, une tendance notable dans l'industrie alimentaire moderne (**Khalil et al., 2023**).

Le yaourt est souvent enrichi d'ingrédients qui en rehaussent la saveur, notamment une variété de fruits, certains légumes, etc. Les yaourts enrichis de fruits ont gagné en popularité récemment en raison de cette tendance croissante. Par ailleurs, le yaourt constitue une excellente matrice pour l'ajout des bactéries probiotiques et reste une source importante de calcium et de protéines (**Kumar Dutta Roy, 2015**).

Parmi ces fruits et légumes, nous trouvons la citrouille, appartenant à la famille des *Cucurbitacées*. C'est un légume riche en nutriments, largement cultivé dans la plupart des pays à faible coût (**Biswas et al., 2018 ; Montesano et al., 2018**).

Elle contient un précurseur de la bêta-carotène, qui est converti en vitamine A dans le corps humain et joue un rôle significatif dans la prévention de certaines maladies chroniques (**Buzigi et al., 2020 ; Eilander et al., 2002**).

De plus, elle possède de nombreuses propriétés médicinales notamment des propriétés antioxydantes, anticancéreuses, antidiabétiques, anti-inflammatoires, de renforcement de l'immunité, de réduction de l'obésité et de protection de la vue (**Kwon et al., 2007 ; Yadav et al., 2010**). L'utilisation de la citrouille et de ses sous-produits a rapidement augmenté au fil des années (**Pongjanta et al., 2006 ; Kaur et al., 2019**). Les déterminants socio-économiques poussant les pays en développement à s'appuyer sur les sources végétales pour répondre aux

besoins en produits fonctionnels, le yaourt enrichi en citrouille pourraient être un aliment fonctionnel efficace pour lutter contre le stress oxydatif et la carence en vitamine A.

L'objectif de ce présent travail est de développer un produit fonctionnel, il s'agit d'un yaourt brassé enrichi avec la pulpe de citrouille. Notre contribution se concentre sur l'évaluation de l'incorporation de ce fruit dans le yaourt et en analysant ses caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et sensorielles.

Notre travail sera présenté donc en deux parties comme suit :

- ↳ **La 1^{ère} partie** est une synthèse bibliographique qui est consacrée aux généralités sur le yaourt et la citrouille.
- ↳ **La 2^{ème} partie** concerne la partie pratique qui se décline sur la description des étapes de formulation de la purée de citrouille et du yaourt brassé enrichi de purée de citrouille. Par la suite la méthodologie adoptée pour les analyses physico-chimiques, bactériologiques et sensorielles et enfin présenter l'ensemble des résultats obtenus et leurs interprétations.

Synthèse bibliographique



Chapitre I : Généralités sur le yaourt

1. Historique

D'après des historiens, la fermentation du lait a été découverte par hasard par les peuples néolithiques d'Asie centrale lorsqu'ils conservaient le lait selon des techniques primitives, comme dans des sacs en peau de mouton dans les climats chauds, Il semble qu'il évolua en Turquie, puisque le mot yaourt est dérivé d'un verbe turc « jugurt » qui signifie « être caillé ou coagulé » (Weerathilake, 2014).

Le yaourt a été introduit pour la première fois aux États-Unis au début du 20ème siècle sous forme de comprimés spécialement conçus pour les personnes souffrant d'intolérance digestive, Cependant, il était devenu populaire en Amérique du Nord lorsque Danton, une petite usine de yaourt, avait commencé à fabriquer à New York en 1940. Depuis, il a été soumis à un processus d'évolution significatif et dynamique au 20ème siècle pour développer une vaste gamme de produits, les yaourts aux fruits, les yaourts avec des fruits sur le fond et les yaourts mélangés qui ont été introduits respectivement en 1937, 1947 et 1963 (Weerathilake, 2014).

2. Définition du yaourt

D'après la législation française, décret n°88/1203 du 30 décembre 1988, le yaourt est défini comme un produit laitier constitué uniquement de matières premières laitières (lait et composants du lait), pasteurisé et fermenté par des bactéries et avec une teneur minimale en acide lactique de 0,6 %, Certaines substances lui donnent une saveur particulière (sucre, arômes, préparations de fruits, additifs)

Selon le code des règlements fédéraux des États-Unis la FDA, définit le yogourt comme un aliment fabriqué en cultivant un ou plusieurs des ingrédients laitiers facultatifs tels que la crème, le lait, le lait écrémé partiellement et le lait écrémé, utilisés avec une culture bactérienne spécifique contenant des bactéries productrices d'acide lactique, Au moins 3,25% de matières grasses du lait et 8,25% de solides non gras du lait (MSNF) doivent être présents dans le yogourt (FDA, 2013).

Selon la définition internationale du *codex Alimentarius* définie en 1975 et révisée en 2003, le terme yaourt ou yogourt est réservé au lait fermentéensemencé avec des bactéries lactiques: *Streptococcus Thermophilus et Lactobacillus delbrueckii subsp, Bulgaricus*, qui doivent être vivantes pendant toute la durée de vie du produit, le nombre de bactéries vivantes à la date limite de consommation doit être égal à 10^7 unités formant colonie (UFC)/g ou/mL de

produit, Ce lait fermenté n'a subi aucun traitement thermique après la fermentation (Lecerf, 2020).

Le yaourt est défini également comme un produit obtenu par la fermentation du lait avec des cultures de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus, Bulgaricus* (Shireeha, 2014).

Chimiquement, le yaourt est défini comme un système de gel complexe incorporant des protéines, des polysaccharides et des lipides dans sa structure. Il est produit à partir du lait par fermentation (Dan, 2023).

Seulement deux conservateurs sont autorisés dans les laits fermentés, car ils sont initialement présents dans les préparations de fruits destinées aux laits fermentés et aux yaourts aux fruits : l'acide sorbique (E200) et le sorbate de potassium (E202), La dose maximale est fixée à 1g/kg (Béal, 2019).

3. Types de yaourt

Il existe sur le marché de nombreux types de yaourts et laits fermentés, Ils peuvent être fermes, brassés ou encore liquides, nature, sucrés ou édulcorés, additionnés de fruits ou encore aromatisés, Certains affichent 0% de matières grasses, d'autres sont enrichis en crème (Syndifrais, 2011).

3.1. Selon la texture

- Au cours de la fabrication du **yaourt « ferme »**, le laitensemencé est directement mis dans les pots, Ces derniers passent par la suite à l'incubation entre 42° et 44°C pendant environ trois à cinq heures, qui est une condition favorable au développement des ferments qui se multiplient par millions et dégradent une partie du lactose, en produisant de l'acide lactique (Syndifrais, 2011).

- La fermentation du **yaourt « brassé »** ne s'effectue pas en pots mais dans des cuves, Le gel obtenu après fermentation est brassé, puis refroidi, avant d'être conditionné et stocké en chambre froide (Syndifrais, 2011).

- Le **yaourt « à boire »** a une texture liquide pour être consommé sans cuillère, comme une boisson. Après avoir été brassé, il est battu dans les cuves jusqu'à l'obtention de la texture souhaitée et enfin conditionné en bouteilles (Syndifrais, 2011).

3.2. Selon la matière grasse

Il existe des yaourts à 0% de matière grasse, au lait demi-écrémé et au lait entier : La maîtrise du pourcentage de matière grasse d'un yaourt est très simple, On utilise un lait écrémé (qui contient 0% de matière grasse) pour fabriquer du yaourt 0%, un lait demi-écrémé pour fabriquer du yaourt au lait demi-écrémé et un lait entier pour fabriquer un yaourt au lait entier (**Syndifrais, 2011**).

3.3. Selon l'ajout

Nous distinguons les yaourts aux fruits ou aromatisés : Les yaourts aux fruits contiennent au minimum 5% de fruits, intégrés à une préparation que l'on peut comparer à de la confiture de fruits. La préparation de fruits peut être ajoutée à des yaourts fermes (sur le fond du pot) ou aux yaourts brassés, après les étapes de fermentation, brassage et refroidissement, Les yaourts aromatisés sont des yaourts auxquels sont ajoutés des arômes (**Syndifrais, 2011**).

3.4. Selon le type de type de lait

Les yaourts au lait de chèvre ou de brebis : Le processus de fabrication est absolument identique pour tous les types de yaourt, Seule l'origine du lait qui change pour les yaourts au lait de chèvre ou de brebis (**syndifrais, 2011**).

Le tableau I englobe les valeurs nutritionnelles des différents types de yaourts selon la réglementation algérienne.

Tableau I : Composition de différents types de yaourt (JORA, 1998).

Types de yaourts	Protides	Lipides	Glucides	Calcium	Apport Calorique
Yaourt nature au lait entier	4,1g	3,5g	4,7g	151mg	70kcal
Yaourt aromatisé au lait entier	3,1g	3,2g	14g	130mg	100kcal
Yaourt aux fruits au lait entier	3,5g	2,7g	18g	130mg	113kcal
Yaourt nature	4,3g	1,1g	4,8g	173mg	50kcal
Yaourt sucré	3,9g	0,9g	13,4g	154mg	80kcal
Yaourt nature 0% M.G	4,5g	0g	4,9g	150mg	44kcal
Yaourt sucré 0% M.G	4g	0g	13,8g	151mg	75kcal
Yaourt à boire sucré	2,9g	1,2g	12,8g	110mg	72kcal
Yaourt à boire aromatisé	2,9g	1,4g	13,3g	107mg	77kcal
Yaourt à boire pulpe de fruits	2,7g	1,6g	13,5g	107mg	78kcal
Yaourt brassé entier	4 g	3,6g	4 ,8 g	150 mg	80 kcal
Yaourt brassé demi écrémé	4 g	1,5 g	4,6 g	140 mg	70 kcal
Yaourt brassé écrémé	4 g	0,5 g	5 g	130 mg	50 kcal

4. La fermentation lactique du yaourt

4.1. Définition de La fermentation lactique

La fermentation du lait est l'une des techniques les plus anciennes utilisées par l'homme pour conserver le lait pendant une période plus longue (Weerathilake, 2014). Elle a pour effet principal d'accroître la stabilité du produit en inhibant les éventuelles altérations microbiennes et enzymatiques. Ce processus non seulement prolonge la durée de conservation du produit, mais aussi développe son goût, sa texture et ses propriétés nutritionnelles (Béal, 2019).

La fermentation lactique est l'étape centrale du procédé de fabrication des laits fermentés, Elle correspond à la transformation du lactose du lait en acide lactique, sous l'action de micro-organismes spécifiques appelés bactéries lactiques, Elle s'accompagne de modifications biochimiques, physico-chimiques et sensorielles du produit.

Les streptocoques et les lactobacilles sont les bactéries lactiques responsables de la fermentation lactique du yaourt, qui jouent un rôle essentiel dans la production de yaourts en acidifiant le lait, en produisant des composés aromatiques, en modifiant la texture et la viscosité des yaourts, Cette dernière caractéristique est essentielle pour les différents types de yaourts que ce soit fermes, brassés ou liquides (Zourari, 1992).

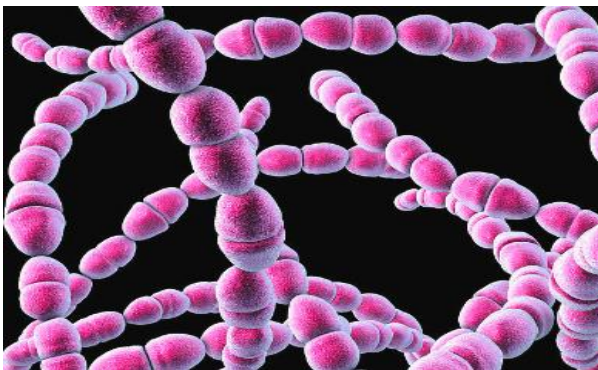
4.2. Microbiologie de la fermentation lactique du yaourt

Pour bénéficier de l'appellation yaourt, la réglementation Française impose la seule présence des deux bactéries lactiques thermophiles *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus, Bulgaricus* (Uriot, 2017).

Ces bactéries à coloration de Gram positive (Gram+) ont un métabolisme anaérobie facultatif et ne produisent pas de catalase, elles se caractérisent par la production de cellules ovoïdes en paires ou en chaînes courtes.

Streptococcus thermophilus c'est 'une bactérie thermophile qui se développe à une température optimale de 42°C et qui est un micro-organisme anaérobie. Le génome de *S. thermophilus* mesure 1,8 Mo, ce qui en fait l'un des génomes les plus petits. Selon des recherches génétiques, il y a environ 7000 ans, *S. thermophilus* s'est différencié d'autres espèces de streptocoques pathogènes, depuis la divergence de l'espèce *S. thermophilus* de ces espèces pathogènes, elle a perdu la majorité des gènes responsables de la virulence et a développé plusieurs gènes utiles pour la vie dans le lait (Uriot, 2017).

Les *Lactobacillus bulgaricus* sont des bactéries tolérantes aux acides (pH relativement bas 5,4 à 4,6), en forme de bacille facultativement anaérobies, non mobiles et non sporulé (Tufail, 2011).



a) *Streptococcus thermophilus*



b) *Lactobacillus bulgaricus*

Figure 1 : photographie des bactéries lactiques du yaourt au microscope électroniques (Dikmen, 2024).

5. Effets nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Les yaourts sont des laits fermentés avec des bactéries lactiques spécifiques, Ce sont des aliments vivants qui allient les propriétés des probiotiques, Les bactéries lactiques possèdent une lactase (β -galactosidase) active tout au long du tractus digestif, ce qui permet au yaourt

d'être parfaitement adapté aux personnes ayant une intolérance au lactose, Ils possèdent des effets probiotiques, et augmentent donc l'immunité intestinale et systémique (**Lecerf, 2020**).

La consommation de yaourt est associée à une diminution de la prévalence du surpoids et de l'obésité, du syndrome métabolique, et du diabète de type 2, Des effets favorables ont également été observés sur la pression artérielle et sur les lipides plasmatiques, Ceci explique sans doute la réduction du risque cardiovasculaire associée à la consommation de yaourt dans plusieurs études épidémiologiques. De plus, la consommation de yaourt et de lait fermenté semble favorable sur l'ostéoporose et, enfin, elle est probablement associée à une diminution du risque de cancer colorectal. Plusieurs enquêtes alimentaires ont montré que les consommateurs de yaourts avaient une alimentation de meilleure qualité, une meilleure couverture des apports nutritionnels conseillés, et un style alimentaire associé plus favorable (**Lecerf, 2020**).

✓ **Digestibilité du lactose**

Le yaourt contient des bactéries lactiques vivantes qui favorisent une meilleure absorption du lactose chez les personnes atteintes d'une carence en lactase, En effet, pendant que les bactéries traversent le tractus intestinal, la lactase bactérienne est toujours active et peut hydrolyser le lactose résiduel présent dans les produits (environ 30 g/L), ce qui limite la production d'acides organiques et de gaz (CO₂, hydrogène, méthane) dans le côlon du consommateur (**Béal, 2019**).

Le yaourt se caractérise par le fait qu'il renferme tous les éléments nutritifs nécessaires sous une forme facile à assimiler par l'organisme, sa particularité réside également dans sa grande capacité digestive qui facilite la digestion et l'assimilation d'autres aliments, Une quantité importante d'acide lactique est produite, qui agit comme anxiogène et antiseptique, ainsi qu'une petite quantité d'alcool et d'acide carbonique, qui agissent comme toniques pour les nerfs du tractus digestif (**Roswell, 1932 ; Béal, 2019**).

✓ **Digestibilité des protéines**

La consommation de yaourt ou de lait fermenté favorise l'assimilation de la fraction azotée du lait, Effectivement, grâce à l'activité protéolytique des bactéries lactiques, les produits fermentés renferment une quantité plus élevée d'acides aminés libres que le lait d'origine. En outre, les protéines de ces produits sont plus faciles à digérer que celles du lait, Les enzymes protéolytiques ont une action plus facile grâce à leur structure plus ouverte après le traitement thermique et la coagulation (**Béal, 2019**).

Les protéines du lait sont en partie converties par l'action bactérienne en albumoses et peptones, qui, en plus d'être faciles à assimiler, sont des stimulants physiologiques des sécrétions hépatiques et intestinales (**Béal, 2019**).

✓ **Teneur en vitamines et sels minéraux**

Dans les laits fermentés, la concentration de calcium et de potassium est habituellement plus élevée (2 et 2,5 mg/kg) que dans le lait, principalement en raison de la fortification en matières sèches effectuée en amont de la fermentation, En outre, même si certains travaux restent controversés, il a été démontré que le calcium présent dans les yaourts et les laits fermentés est plus bio disponible que dans le lait, ce qui facilite son absorption (**Béal, 2019**).

6. Etapes de fabrication du yaourt

Les procédés de fabrication des yaourts et des laits fermentés sont constitués de plusieurs étapes :

✦ **Réception du lait cru**

Le lait frais, collecté au plus tard 72 h après la traite, Il est possible l'apporter dans des bidons de lait ou par un camion-citerne après avoir été conservé au froid à la ferme, Il est contrôlé lors de la réception, pompé et filtré pour éliminer les résidus solides (paille, feuilles), puis stocké au froid (< 5 °C) dans des tanks préalablement lavés et désinfectés.

Le nombre total de bactéries présentes dans le lait cru doit être inférieur à 100 000 UFC/mL, La méthode la plus efficace pour prolonger la durée de conservation du lait cru est de le réfrigérer rapidement (**Yildez, 2009**).

✦ **Standardisation de graisse**

La teneur en matières grasses du lait cru variant entre 3,8 et 4,2 %, il est nécessaire de standardiser le lait de fabrication à la teneur en matières grasses souhaitée pour le produit fini, Pour cela, le lait est tout d'abord écrémé, puis mélangé avec la crème dans les proportions souhaitées.

La quantité de matières grasses présentes dans le yaourt peut fluctuer de 0,1% à plus de 10%, afin de respecter les réglementations actuelles, La normalisation du lait pour la teneur en matières grasses et solides-non grasses dans la plupart des formulations de yogourt entraîne une diminution des matières grasses et une augmentation de 30 à 35 % de la teneur en lactose, en protéines, en minéraux et en vitamines (**Chandan, 2013**).

✦ **Enrichissement en protéines**

Il est nécessaire d'enrichir le lait préalablement standardisé en matières grasses en protéines laitières afin d'atteindre des taux protéiques finaux allant de 3,2 à 5 %, Cela permet de produire un yaourt consistant et sans synérèse, Un enrichissement est donc toujours nécessaires, mais les quantités de protéines ajoutées sont variables et dépendent de la texture recherchée (yaourt ferme, yaourt brassé, yaourt à boire). En pratique, la fortification en protéines laitières se fait par des ajouts de lait concentré, de poudre de lait écrémé ou de lacto-remplaceurs (retentât de lait, lactosérum, concentrés de protéines sériques, caséinates), ou par concentration partielle par filtration tangentielle (microfiltration ou ultrafiltration ou osmose inverse) (**Béal, 2019**).

✦ **Homogénéisation**

L'homogénéisation est un processus mécanique qui entraîne une diminution du diamètre moyen des globules gras du lait par le passage du lait sous haute pression à travers de petits orifices (**Yildez, 2009**), Cette étape empêche les matières grasses de s'agglutiner à la surface du lait et permet leur dispersion permanente dans une émulsion très fine (**Tunick et al., 2016**).

✦ **Traitement thermique**

Le lait est chauffé à des températures de 95°C pendant quelque seconde à l'aide d'échangeurs de chaleur à plaques avec des systèmes de régénération, Les microorganismes contaminants et compétitifs sont éliminés par le chauffage du lait (**Chandan, 2013**).

✦ **Fermentation**

Le lait est ensuite refroidi à une température idéale de croissance des bactéries lactiques (41-42 °C), En général, on maintient la température optimale tout au long de la période d'incubation afin d'atteindre une acidité ou un pH titrable désiré, On utilise généralement un pH de 4,5 à 4,6 comme point de fin de la fermentation, Il est essentiel d'incuber le produit au repos afin de préserver sa texture (**Chandan, 2013**).

✦ **Brassage**

Le brassage concerne uniquement le yaourt brassé et à boire, le lait en fermentation est agité doucement dans une cuve pour obtenir un corps homogène (**Yildez, 2009**).

✦ **Refroidissement**

Le refroidissement de 20-24° de la masse fermentée vise à restreindre la croissance et l'activité enzymatique de la culture de yaourt le plus rapidement possible, tout en maintenant le pH, le corps et la texture désirés (**Chandan, 2013**).

En dessous de 10°C, les activités métaboliques des bactéries lactiques du yogourt sont considérablement limitées, Ainsi, il est possible de maîtriser le développement de l'acidité après la fermentation en refroidissant rapidement le lait en fermentation une fois que le pH désiré (pH 4,6–4,7) est atteint (**Yildez, 2009**).

✦ **Emballage et stockage**

Il est crucial de choisir les matériaux d'emballage appropriés dans l'industrie du yaourt afin de préserver les propriétés naturelles du produit de manière optimale pendant son stockage et sa commercialisation, tout en respectant les normes de sécurité alimentaire les plus strictes, Le matériau de l'emballage utilisé devrait faire face aux conséquences environnementales et mécaniques et devrait éviter que la lumière, les odeurs, etc, ne migrent à l'intérieur du produit, Il est nécessaire également de l'ajuster pour être utilisé en série dans les machines d'emballage (**Yildez, 2009**).

Les principales étapes de fabrication du yaourt sont résumées dans la Figure 02.

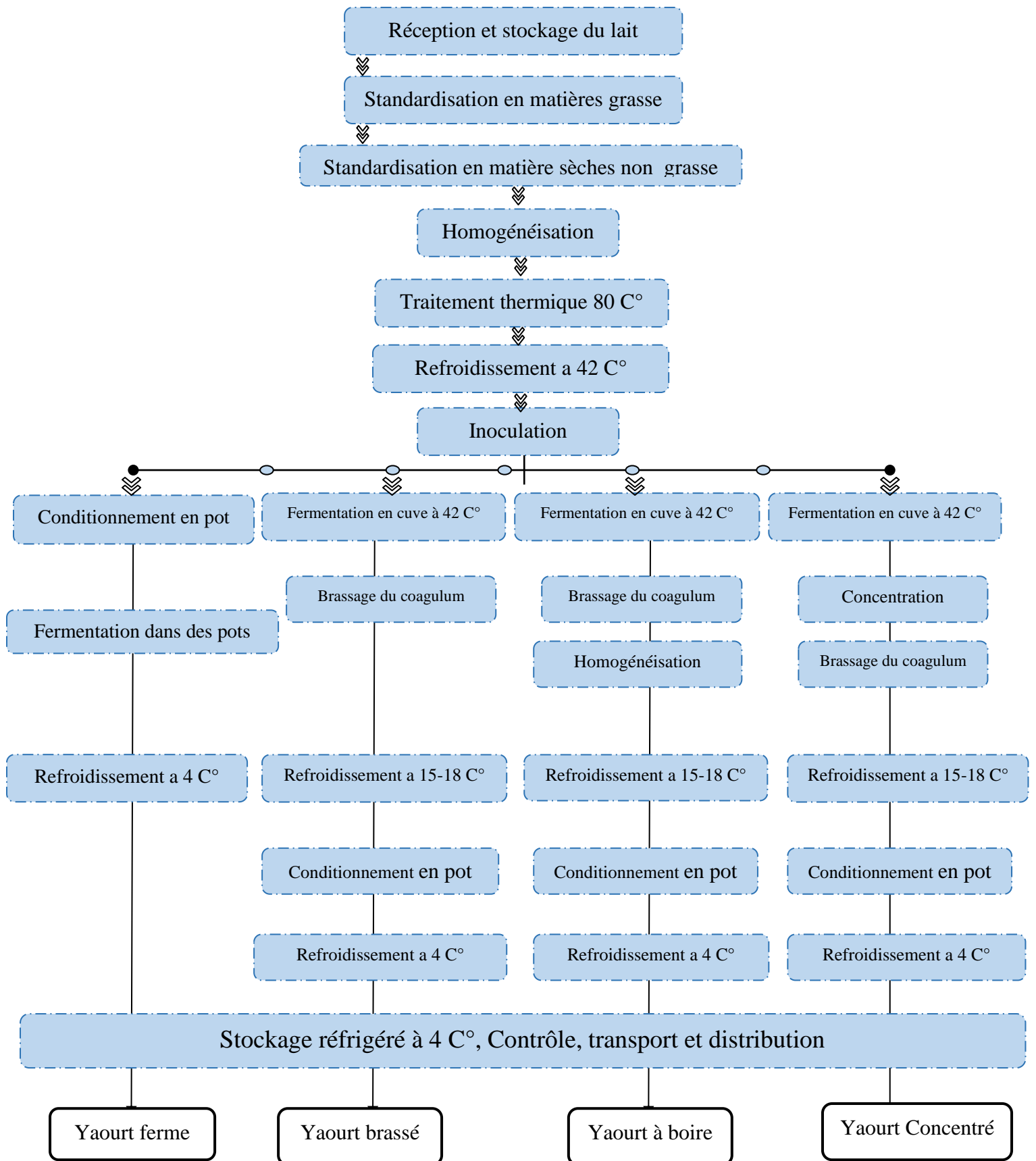


Figure 2 : Diagramme général de fabrication des principaux types de yaourts (Béal, 2019).

Chapitre II : Description générale de la citrouille

La citrouille est un légume populaire cultivé appartenant à la famille des *Cucurbitaceae*, avec environ 130 espèces poussant dans les régions tempérées et subtropicales du monde entier (**Oufighou et al., 2024**).

La plante de la citrouille est une plante grimpante ou rampante dont la tige peut atteindre plus de 10 mètres de long Il s'agit d'une plante annuelle, monoïque avec des racines pérennes à courte durée de vie (**Yadav et al., 2010**).

Les citrouilles appartiennent à la famille des *Cucurbitaceae* et au genre *Cucurbita*, comptent parmi les plus grandes cultures légumières. La famille des *Cucurbitaceae* comprend huit tribus, 118 genres et 825 espèces, dont le potiron (**Jeffrey, 2005**) qui est l'un des genres morphologiquement les plus variés du règne végétal, *Cucurbita pepo* L, *Cucurbita maxima* Duchesne et *Cucurbita moschata* Duchesne sont trois espèces de citrouille qui sont importantes sur le plan économique qui s'adaptent à un large éventail de climats et qui sont largement répandues dans les régions agricoles du monde entier (**Saeleaw et Schleining, 2011 ; Oufighou et al., 2024**).

La plante de citrouille se caractérise par de grandes feuilles palmées et des tiges rampantes qui s'étendent sur le sol. Elle produit des fleurs jaunes vives, souvent de grande taille, qui attirent les abeilles et autres insectes pollinisateurs. Les fruits de la citrouille sont généralement de forme ronde à ovale, variant en taille de quelques centimètres à plusieurs dizaines de kilogrammes, selon la variété, Leur peau est principalement orange vif (Figure 02), bien que certaines variétés puissent être blanches, vertes ou striées de différentes couleurs, La peau est souvent dure et côtelée, facilitant leur manipulation et leur stockage (**Wieteska, 2015**).

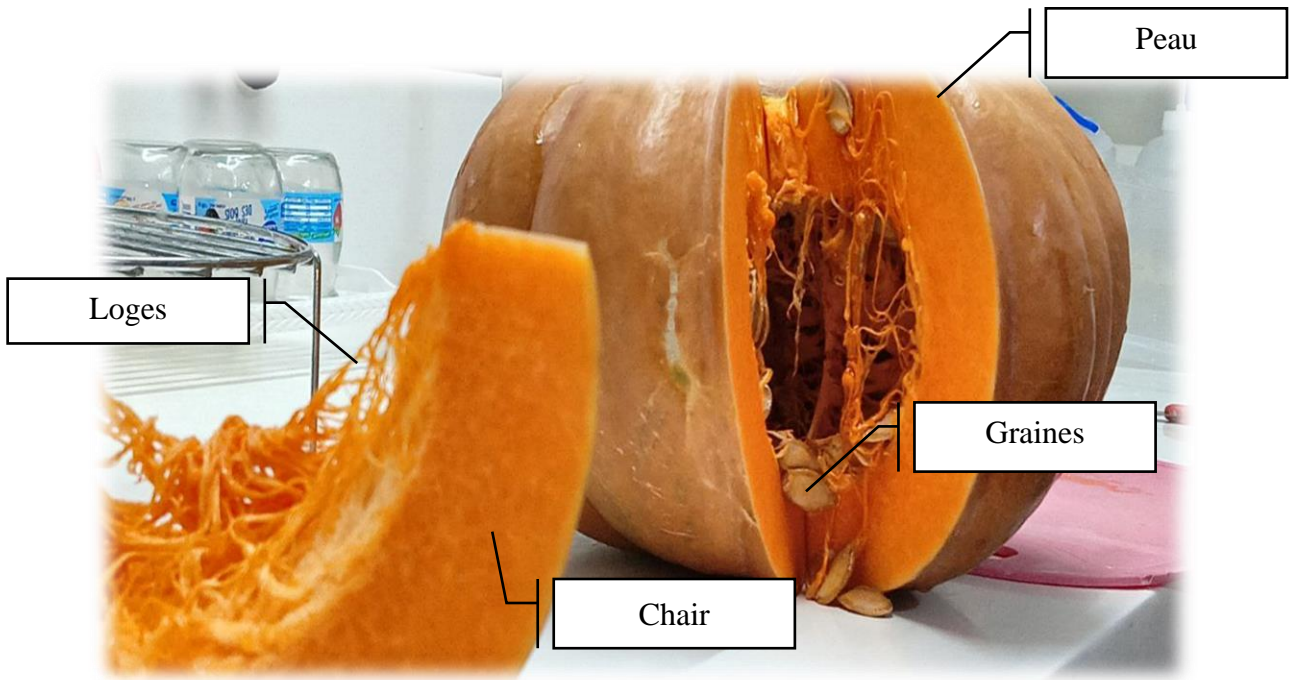


Figure 3 : Photographie des composants de la citrouille.

1. Classification botanique

La classification taxonomique de la citrouille est indiquée dans le tableau ci-dessous :

Tableau II : Taxonomie de *Cucurbita pepo* (GBIF, 2023)

Règne	<i>Plantae</i>
Division	Magnoliophyta
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	Cucurbitales
Famille	<i>Cucurbitaceae</i>
Genre	<i>Cucurbita</i>
Espèce	<i>Cucurbita pepo</i>

2. Composition chimique, propriétés nutritionnelles et thérapeutiques

Les principaux composants nutritionnels de base de la citrouille non cuite sont présentés dans le Tableau 03 La citrouille attire de plus en plus l'attention des scientifiques en raison de son profil nutritionnel et il s'agit d'un produit nutritif et économique.

Dans de nombreux pays, la citrouille est utilisée en médecine traditionnelle pour ses propriétés anti inflammatoires, antioxydants, antivirales et antidiabétiques, notamment en Autriche, en Hongrie, au Mexique, en Slovénie, en Chine, en Espagne et dans divers pays d'Europe, d'Asie et d'Afrique. Dans le monde entier, la citrouille est récoltée pour sa peau, sa chair et ses graines (**Hautrive et al., 2019**).

La citrouille est riche en vitamines A, B, C et E, c'est l'une des sources les plus connues de β -carotène, ainsi que du fer, du potassium, du magnésium et du manganèse, La consommation de citrouille est bénéfique pour le cœur, la peau, les yeux, les os, le cerveau et l'estomac (**Ceclu et al., 2020**).

Les fibres, le potassium et la vitamine C contenus dans la citrouille contribuent à la santé du cœur, En effet, une alimentation riche en β -carotène a un effet positif sur la réduction du risque de cancer, en particulier le cancer de la prostate et du côlon, Il a été démontré que les antioxydants qui sont la vitamine C, la vitamine E et le β -carotène, tous présents dans la citrouille, contribuent à la santé des yeux et à la prévention des dommages dégénératifs.

Les aliments végétaux comme la citrouille, riches en vitamines B, C et E et en β -carotène, renforcent le système immunitaire, Par conséquent, les fruits, la pulpe et la poudre de la citrouille mûre sont recommandés pour la santé du consommateur (**Ceclu et al., 2020**).

Tableau III : Composition nutritionnelle de base de la pulpe de la citrouille (**Plants, 2022**)

Nutriments	Quantité de 100 g de citrouille
Énergie	109 kJ
Calories	3100 µg
Eau	
Lipides	91,6 g
Protéines	0,1 g
Cendres	1,0 g
Fibres alimentaires	0,8 g
Glucides	0,5 g
Sucres totaux	6,5 g
Vitamine C	2,76 g
Carotène, bêta	9,0 mg
Carotène, alpha	26 kcal
	4016 µg

Chaque partie de cette plante a démontré au moins une application sur la santé humaine, y compris antidiabétique, anti-inflammatoire, antiallergique et anticancéreuse, Les parties comestibles de la citrouille (pulpe, peau et graines) sont une grande source de nutriments tels que les protéines, les graisses, les minéraux (potassium, phosphore et magnésium), de tocophérols et de phytostérols et de composants bioactifs tels que les caroténoïdes, les acides phénoliques et les flavonoïdes, Cela en fait un ingrédient fonctionnel essentiel susceptible d'améliorer la nutrition humaine (**Oufighou et al., 2024**).

Les composés phénoliques sont connus pour avoir un niveau élevé d'activité antioxydante en piégeant les radicaux libres, en renforçant l'activité de certaines enzymes ou en chélatant les métaux, La valorisation de ces molécules bioactives de la citrouille peut constituer un domaine de recherche considérable pour un certain nombre de raisons, notamment la possibilité d'utiliser ces antioxydants comme nutriments thérapeutiques et bénéfiques pour la santé, à l'instar des aliments fonctionnels (**Oufighou et al., 2024**).

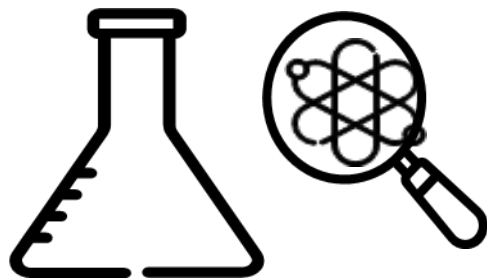
Bochnak et Swieca (2020) ont indiqué que la poudre de la citrouille peut également augmenter le réseau de gluten dans la pâte, ce qui favorise la levée du pain et stabilise la structure des cellules gazeuses, Cependant, ces facteurs contribuent également à améliorer les qualités nutritionnelles et fonctionnelles du pain.

Dans le monde entier, les feuilles de la citrouille sont consommées comme légumes et la pulpe est utilisée pour préparer des soupes, des purées, des confitures et des tartes... Elle est utilisée dans divers productions en tant qu'aliment fonctionnel, notamment dans la pâtisserie, les boissons, et les produits laitiers... (**Chuwa et al., 2022**).

Le diabète touche plus de 380 millions de personnes dans le monde, Il représente une charge financière et sanitaire considérable pour le système de soins de santé, actuellement des chercheurs ont commencé à considérer les plantes comme des remèdes pour traiter le diabète, notamment la famille des cucurbitacées, Elle contient moins de 50 calories (26,60 Kcal/100 g) et en effet elle est considérée en tant qu'une meilleure source de fibres (**Chuwa et al., 2022**).

Une consommation suffisante de la citrouille peut aider à éviter la constipation vu sa richesse en fibres, Ceci est bon pour la santé humaine car les fibres facilitent la digestion et le passage des aliments dans le canal alimentaire, Un régime riche en fibres réduit le risque de certains cancers du canal alimentaire et de maladies coronariennes (**Chuwa et al., 2023**).

Partie expérimentale



1. Objectif de l'étude

Cette présente étude consiste en une formulation d'un yaourt brassé enrichi à la pulpe de citrouille, avec l'exploration de différentes concentrations de cet ingrédient clé, L'objectif principal est donc de développer une meilleure formule en ajustant précisément la quantité de purée de citrouille pour atteindre un parfait équilibre entre texture crémeuse, saveur distinctive de citrouille et de maximiser les bénéfices nutritionnels du produit tout en offrant une qualité sensorielle appréciée par les consommateurs.

Cette approche nous permettra non seulement d'enrichir le yaourt en vitamines, fibres et antioxydants naturels présents dans la citrouille, mais aussi de répondre à la demande croissante du consommateur en produits laitiers innovants, nutritifs et fonctionnels, Ainsi, notre démarche vise à élaborer un yaourt enrichi à la purée de citrouille qui allie bien-être, plaisir gustatif et valorisation de la citrouille, un ingrédient végétal bénéfique pour la santé.

2. Présentation de l'organisme d'accueil

Notre étude a été réalisée au sein d'une société agroalimentaire algérienne spécialisée dans la fabrication du Yaourt nommée « Sarl Délice Laitière » qui se situe à Ouzellaguen (Ighezer Amokrane) wilaya de Bejaia.

Sarl Délice Laitière est fondée le 7 mai 2015 par M, Benarab Nordine, s'est rapidement distinguée comme un des leaders innovants dans le domaine de la production de yaourts aromatisés, Son engagement envers la qualité et la durabilité se reflète dans le choix d'emballages écologiques, tels que le choix des pots en verre, Ce matériaux préserve non seulement la qualité organoleptique, microbiologique et nutritionnelle des produits mais aussi réduit son empreinte écologique.

Implantée à proximité de la RN26 à Ighezer Amokrane, Sarl Délice Laitière bénéficie d'une localisation stratégique facilitant la distribution efficace de ses produits, La capacité de production impressionnante de 1,5 tonne de yaourts par production, permet à l'entreprise de répondre de manière dynamique à la demande du marché tout en maintenant la fraîcheur et la qualité gustative de ses produits.

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel végétal

Dans ce présent travail, nous avons choisi l'espèce de citrouille *Cucurbita pepo* L, qui a été achetée auprès d'un agriculteur de la Wilaya de Msila au mois d'Avril 2024. Les spécificités de la citrouille sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV : Les spécificités de la citrouille étudiée.

Origine	Espèce	Couleur	Forme	Largeur (cm)	Longueur (cm)	Epaisseur de pulpe (cm)	Poids (kg)
Msila (Algérie)	<i>Cucurbita pepo</i> L,	Orange	Ronde	24,6	16,2	2, 3	4,10

3.2. Préparation de la purée de citrouille

Au niveau du laboratoire physico-chimie de « Sarl Délice Laitière » la citrouille a été soigneusement nettoyée sous un jet d'eau froide, puis les parties non comestibles ont été éliminées, Ensuite, la chaire a été découpée en cubes de taille uniforme, puis la répartir en deux portions égales, Chaque portion a été utilisée pour préparer une purée de citrouille avec du sucre et une autre sans sucre en suivant les proportions spécifiées dans le Tableau ci-dessous et les étapes présentées dans la **Figure 04**.

Tableau V : Ingrédients utilisés et étapes de préparation des purées de citrouille.

Type de préparation	Avec sucre	Sans sucre
Pulpe de citrouille	100g	100g
Sucre	7,5 g	0 g
Cuisson au thermo mix	25 min jusqu'à pasteurisation à 95°C	
Mixage de pulpe	À l'aide d'un mixeur pendant 2-3 min	
Conservation des purées	Au réfrigérateur 4- 6 °C	



a : Citrouille utilisée, b : Découpage, c : Pesée, d : Cuisson et pasteurisation

Figure 4 : Photographies des étapes de préparation de la purée de citrouille.

Une fois préparées, les purées ont été placées dans deux bocaux en verre stérilisés et hermétiquement fermés : l'un contient une purée de citrouille sucrée et l'autre non sucrée, puis stockés au réfrigérateur maintenu à une température entre 4 à 6°C.

3.3 Formulation du yaourt brassé à la pulpe de la citrouille

La préparation de la masse blanche de yaourt, qui est un produit semi-fini également connu sous le nom de yaourt brassé, a été effectuée en suivant les procédures de fabrication établies par l'entreprise.

L'incorporation du fruit préparé s'est déroulée au niveau du laboratoire d'analyse microbiologique, en respectant les mesures d'hygiène strictes pour éviter toute contamination et garantir la qualité du produit, Trois formules ont été préparées comme présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau VI : Proportions de pulpe de citrouille incorporées aux yaourts.

Produit	Échantillon 1	Échantillon 2	Échantillon 3
Masse blanche (yaourt brassé)	85%	90%	90 %
Pulpe de citrouille	15% de purée sucrée	10% de purée sucrée	10% de purée non sucrée

Les étapes de formulation du yaourt brassé enrichi avec la pulpe de citrouille sont récapitulées dans la Figure 05.

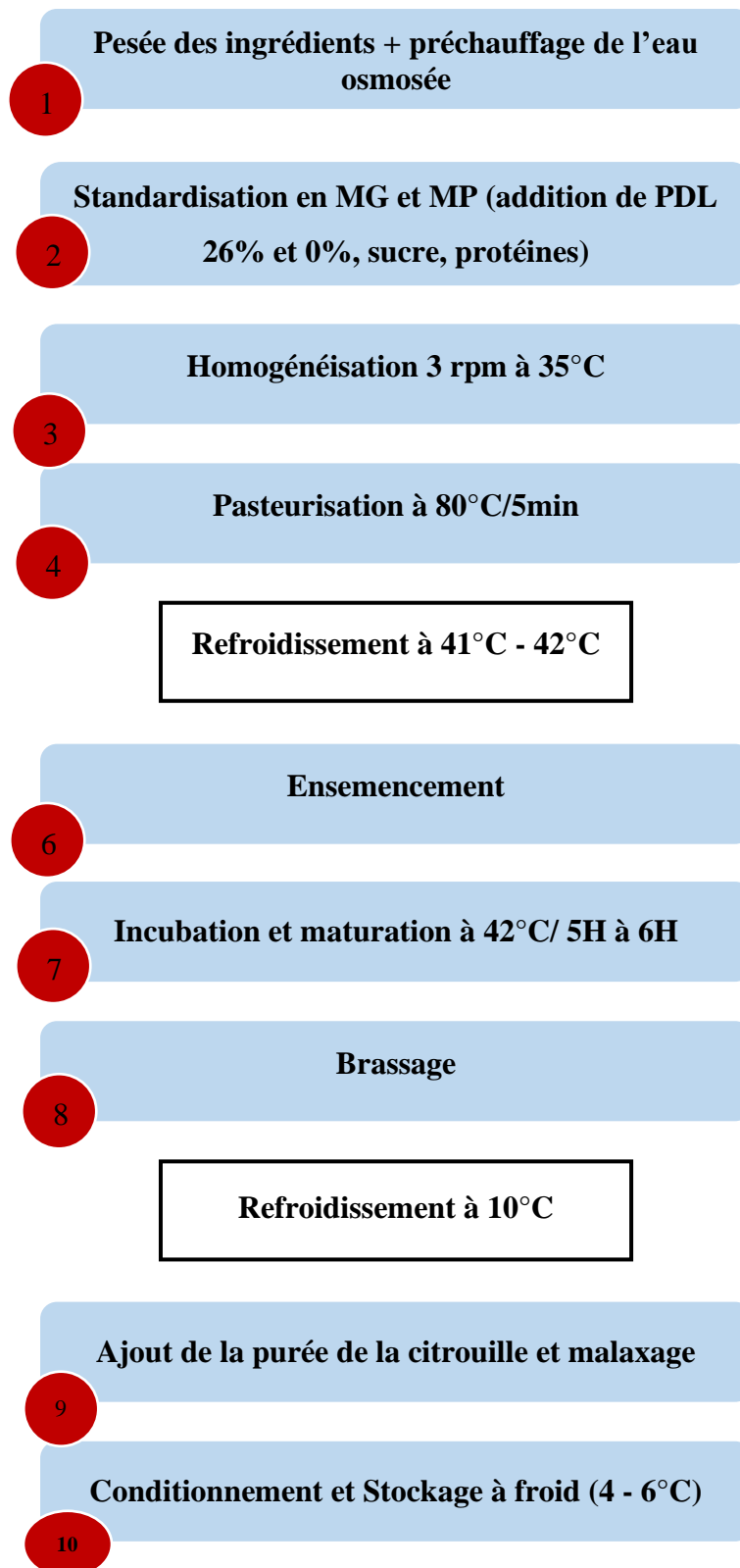


Figure 5 : Etapes de préparation du yaourt brassé à la citrouille au niveau de l'unité Délice laitière.

3.4. Evaluation sensorielle

Afin d'évaluer les caractéristiques organoleptiques et les préférences des consommateurs des yaourts préparés enrichis, nous avons effectué une évaluation sensorielle en comparant ces échantillons avec un yaourt non enrichi (Témoin), Cette évaluation a été réalisée au niveau du Laboratoire d'Analyse Sensorielle de l'Université de Bejaia (Algérie), dont la salle d'évaluation est composée de 20 cabines de dégustation individuelles.

De ce fait, nous avons fait appel à un panel de 15 experts en analyse sensorielle des aliments, Les attribues évaluées sont: la couleur, la sucrosité, l'odeur, l'arôme, l'acidité, la texture en bouche et la consistance, l'évaluation de ces caractéristiques c'est effectué sur une échelle de 5 points, Il a été également demandé aux experts d'attribuer une note de préférence pour chaque échantillon sur une échelle de 9 points, en remplissant les questionnaires qui sont présentés dans l'annexe 5.

Afin de présenter des échantillons anonymes, des codes ont été attribués pour chaque produit comme présentés dans le tableau ci-dessous, Les juges ont reçu des quantités suffisantes d'échantillons pour les goûter autant de fois qu'ils le souhaitent et il leur a été demandé de se rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

Tableau VII : Codes des échantillons analysés.

Code	Échantillons
190	▪ Yaourt brassé fruité à 10% de purée de citrouille non sucrée
201	▪ Yaourt brassé fruité à 10% de purée de citrouille sucrée
023	▪ Yaourt brassé sucré sans fruit (Témoin)
010	▪ Yaourt brassé fruité à 15% de purée de citrouille sucrée

L'évaluation sensorielle a été effectuée en deux jours de suite pour rassembler le nombre total du jury expert, Tout en respectant les conditions d'hygiène, l'isolement des sujets, les modalités opératoires liées à l'échantillon, le local et les dégustateurs et en minimisant le dérangement, Les échantillons présentés pour chaque dégustateur sont illustrés dans la figure 06.

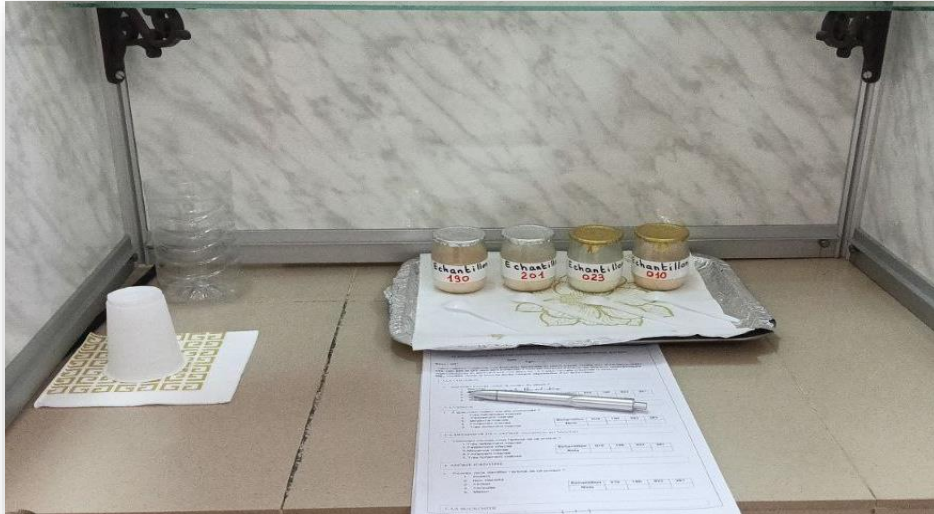


Figure 6 : Photographie de la cabine de dégustation.

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT version 2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques, impliqués dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs, Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats, Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors d'Excel, L'accès aux différents modules est possible grâce à des menus et à des barres d'outils (Addinsoft, 2013).

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

- ✓ Caractérisation de produits.
- ✓ Analyse en composante (ACP).
- ✓ Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).
- ✓ Carte des préférences (PREFMAP).

4. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques du yaourt enrichi et non enrichi (Témoin) ont été effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de qualité des aliments PREVOLAB situé à El Kseur (wilaya de Bejaia), et le suivi du pH et l'acidité titrable au niveau de l'entreprise délices laitière, Concernant le dosage des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité

antioxydante des yaourts et de la citrouille ont été réalisés au niveau du laboratoire de technologie alimentaire de l'université de Bejaia.

4.1. Détermination du pH

La détermination du pH est effectuée selon la méthode décrite par **AFNOR (1986)**, Cette méthode est basée sur la différence du potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit à analyser, qui mesurent l'activité des ions hydrogène (H^+) en solution,

Pour mesurer le pH de la purée de citrouille ou du yaourt, commencer par verser une quantité précise du produit à analyser ayant une température comprise entre 20 – 25°C dans une bécher gradué, Ensuite, plonger délicatement l'électrode du pH-mètre, en s'assurant de bien mélanger le produit au préalable pour garantir une mesure représentative, Une fois l'électrode est immergée dans le produit et la mesure est stabilisée, la valeur de pH s'affichera clairement sur l'écran du pH-mètre, nous fournissant ainsi une indication précise du niveau d'acidité ou de basicité de l'échantillon.

4.2. Détermination de l'Acidité titrable du yaourt

L'acidité titrable du yaourt, principalement due à l'acide lactique est déterminée par titrage avec de l'hydroxyde de sodium (NaOH) jusqu'au point d'équivalence, en utilisant la phénolphtaléine comme indicateur coloré (**ISO 750, 1998**).

Dans un Erlenmeyer, mélanger 2 g de yaourt avec 20 mL d'eau distillée, Ajouter des gouttes de phénolphtaléine au mélange, Titrer ensuite avec de la soude (0,1N) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose clair, Noter le volume en mL de NaOH nécessaire pour le titrage de l'échantillon, Les résultats sont exprimés en pourcentage ou en g/100g donnée par la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable} = [V_{\text{NaOH}} \times N \times 0,09 \times 100] / m$$



Où :

- ↵ V_{NaOH} : le volume de NaOH en mL,
- ↵ N : la normalité de la solution de NaOH,
- ↵ m : la masse de l'échantillon de yaourt en grammes,
- ↵ **0,09** : est un facteur de conversion basé sur l'équivalent de l'acide lactique.

4.3. Taux de matière grasse des yaourts

La méthode appliquée est celle de Weibull-Berntrop décrite par **ISO (2005)**, Elle consiste à mélanger une quantité de 1 g de yaourt avec 20 mL d'acide chlorhydrique concentré (6 N) puis chauffer au bain-marie jusqu'à ébullition et maintenir à cette température pendant 1 heure, Après filtration, le résidu a été lavé à l'eau et le filtrat a été séché dans une étuve à 80°C pendant 30 minutes, Ensuite, le filtre séché a été placé dans une cartouche Soxhlet.

Un ballon récepteur a été pesé et rempli avec 130 mL d'hexane puis raccordé au système Soxhlet, L'hexane chauffé à ébullition a siphonné et circulé à travers l'échantillon solide dans la cartouche pendant environ 1 heure, extrayant ainsi efficacement les matières grasses, Après extraction, l'hexane a été évaporé et les matières grasses extraites ont été pesées pour déterminer leur quantité dans l'échantillon de yaourt.

Expression des résultats :

$$MG\% = (P1-P2)* 100/ME$$

Avec :

- ↺ **P1** : masse du ballon avec l'échantillon après extraction.
- ↺ **P2** : masse du ballon vide.
- ↺ **ME** : masse de l'échantillon.
- ↺ **MG %** : quantité en matière grasse exprimée en %.

4.4. Dosage des glucides réducteurs du yaourt

La méthode appliquée est celle de Fehling décrite par **Bourdon (1972)**.

Dans un Erlenmeyer, préparer un mélange en ajoutant 20 mL de la solution cuivrique (contenant du sulfate de cuivre), 20 mL de la solution tartro-sodique (contenant du tartrate de sodium et de potassium), 10 mL du filtrat de l'échantillon à analyser et 10 ml d'eau distillée, Après agitation chauffer doucement le mélange pendant 3 minutes, Ensuite, laisser reposer jusqu'à ce que le surnageant devienne bleu, indiquant la formation d'un précipité de dioxyde de cuivre (Cu₂O) rouge-brun, résultant de la réduction du cuivre (II) par les sucres réducteurs présents dans l'échantillon, Pour éviter toute oxydation ou contamination, laver soigneusement le précipité avec de l'eau distillée.

Après la formation du précipité de Cu_2O dans la solution précédemment décrite, 20 mL de la solution acide de sulfate ferrique sont ajoutés pour dissoudre ce précipité, Ensuite, cette solution est appliquée au filtrat obtenu précédemment, puis rincer avec de l'eau distillée, puis la solution est filtrée pour séparer les particules insolubles, Après filtration, la solution est titrée avec une solution de permanganate de potassium à 0,1 N, Le titrage est effectué jusqu'à l'obtention d'une coloration rose pâle stable qui persiste pendant 10 à 20 secondes.

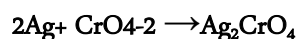
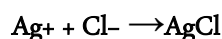
4.5. Dosage de calcium du yaourt

Un culot d'oxalate de calcium obtenu est traité avec 2 mL de solution d'acide sulfurique concentré puis 5 ml d'eau sont ajoutés, Le tube contenant le mélange est ensuite placé dans un bain-marie bouillant jusqu'à ce que l'oxalate de calcium soit complètement dissous dans la solution.

Par la suite, la solution obtenue est titrée avec une solution de permanganate de potassium (KMnO_4) de concentration 0,02 N, Il est essentiel de maintenir la température de la solution au-dessus de 60°C tout au long du titrage pour assurer la précision des résultats (ISO, 2010).

4.6. Teneur en sel du yaourt

Cette analyse permet de déterminer la concentration en ions chlorure dans le yaourt en utilisant un titrage avec nitrate d'argent et en observant le changement de couleur produit par le chromate de potassium (ISO, 1995).



Dans un bécher, 1 g de yaourt est mélangé avec 100 ml d'eau distillée, Après chauffage et refroidissement de la solution, des gouttes de solution de chromate de potassium sont ajoutées pour précipiter les ions chlorure présents dans la solution, formant un précipité jaune de chromate d'argent.

Ensuite, la solution est titrée avec une solution d' AgNO_3 (nitrate d'argent) jusqu'à ce que le précipité de chromate d'argent commence à apparaître. Le titrage se poursuit jusqu'à ce que le changement de couleur de la solution passe du jaune au rouge brique, indiquant que tous les ions chlorure ont réagi avec l' AgNO_3 pour former du chlorure d'argent précipité (ISO, 1995).

4.7. Dosage de protéines totales du yaourt

La méthode colorimétrique décrite par (**Gornall *et al.*, 1949**) est utilisée pour quantifier la concentration en protéines dans un échantillon, Les liaisons peptidiques des protéines réagissent avec les ions (cuivriques) Cu^{2+} en solution alcaline pour former un complexe coloré, L'intensité de la couleur développée est directement proportionnelle à la concentration en protéines dans l'échantillon.

Le réactif Biuret utilisé dans cette méthode contient du sodium potassium tartrate, qui joue un rôle crucial en complexant les ions cuivriques, Ce complexe aide à maintenir la solubilité des ions cuivriques en solution alcaline, facilitant ainsi la formation du complexe coloré avec les liaisons peptidiques des protéines présentes dans l'échantillon.

Pour mesurer la concentration en protéines, l'absorbance du complexe formé est généralement mesurée à une longueur d'onde spécifique, souvent à 550 nm, où le complexe montre une absorbance maximale (**GORNALL *et al.*, 1949**).

Dans cette méthode analytique, 2 g d'échantillon sont d'abord mélangés avec 20 mL de tampon phosphate à pH 7 et agités dans un bain glacé pendant 20 minutes pour extraire les composants solubles, Après décantation et récupération du surnageant, 1 mL de cet extrait est prélevé et mélangé avec 4 mL du réactif de Gornall, lequel est spécifiquement conçu pour réagir avec les liaisons peptidiques des protéines en présence d'ions cuivriques.

Cette solution est ensuite incubée à l'obscurité pendant 30 minutes afin de permettre la formation du complexe coloré entre les protéines et le réactif. Ensuite, l'absorbance de la solution est mesurée à une longueur d'onde de 540 nm.

4.8. Détermination de l'extrait sec totale du yaourt

Le processus de détermination de l'EST est permis d'estimer la quantité de matières solides non volatiles dans le yaourt, ce qui est important pour évaluer sa qualité et sa composition (**Iso, 2010**).

D'abord il faut sécher la coupelle en aluminium dans une étuve ventilée, la laisser refroidir à température ambiante, Placer par la suite la coupelle sur la balance et peser 3g de l'échantillon, l'étaler à l'aide d'une spatule, Fermer le couvercle de l'appareil (Figure 10) et démarrer l'analyse, Le résultat va être affiché en pourcentage sur l'écran du dessiccateur exprimé selon la formule suivante :

$$\text{EST \%} = 100 - \text{Humidité}$$

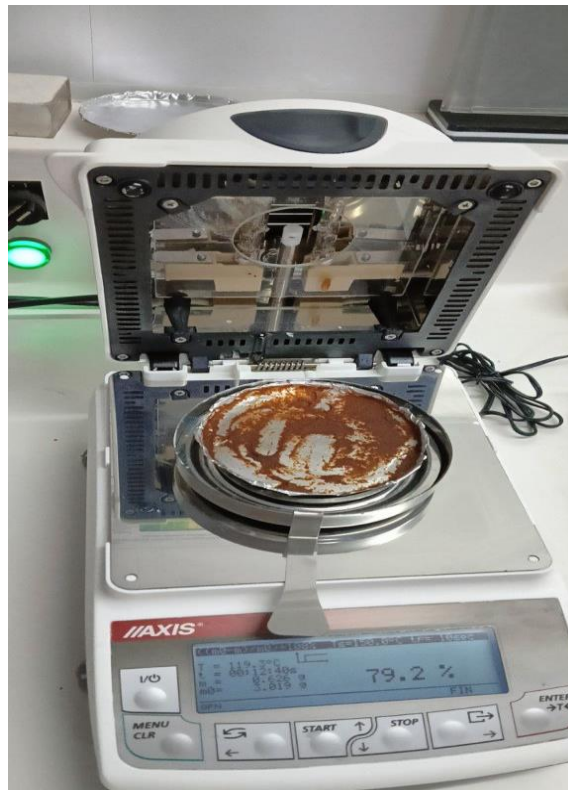


Figure 7 : Détermination de L'extrait sec totale (EST).

4.9. Détermination du taux de cendre du yaourt et purée de citrouille

Le principe de test de cendre pour le yaourt consiste à incinérer une quantité de yaourt dans un four à moufle à une température de 550°C pendant environ 4-5 heures. Le résidu obtenu après incinération est composé des cendres, qui sont des sels minéraux. La quantité de cendres est ensuite mesurée et exprimée en pourcentage de la masse totale du yaourt (Iso, 2005).

Peser un creusé vide et noter le poids « P1 », ensuite peser dans le creusé 3 g d'échantillon et noter son poids également « P2 », Placer ensuite le creusé dans le four à moufle à haute température (environ 550°C) pendant 5 heures. Après refroidissement dans le dessiccateur, peser la creusé et noter le poids « P3 ».

Les cendres sont exprimées en pourcentage selon la formule suivante :

$$MO \% = [(P1 + P2) - P3 / PE] * 100$$



Avec :

- ↵ **MO%** : Teneur en matière organique.
- ↵ **P1** : Poids du creusé vide.
- ↵ **P2** : Poids de l'échantillon (pulpe de citrouille ou yaourt).
- ↵ **P3** : Poids final, après dessiccation.
- ↵ **PE** : Prise d'essai.

4.10. Dosage des composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante

▪ Préparation de l'extrait du yaourt

20g de yaourt sont mélangés avec 30 mL d'eau acidifiée (0,1%HCl) après agitation, laissé à 4°C pendant 12h, La solution a ensuite été filtrée sur papier filtre Whatman, le filtrat ainsi obtenu est conservé à froid pour le dosage des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antioxydante (**Brahmi et al., 2022**).

▪ Séchage de la pulpe et préparation de l'extrait de citrouille

Avant de procéder à la préparation de l'extrait, la pulpe de citrouille a été séchée dans une étuve ventilée à 45°C jusqu'à stabilisation du poids (environ 4jours), après avoir été découpée en petits morceaux, Par la suite broyée et tamisée, la poudre de pulpe obtenue est conservée à sec afin de préparer par la suite l'extrait de citrouille.

L'extraction des composés phénoliques de la citrouille a été réalisée par Micro-ondes selon la méthode décrite par **Oufghou et al., (2024)** , comme présenté dans la Figure 8.

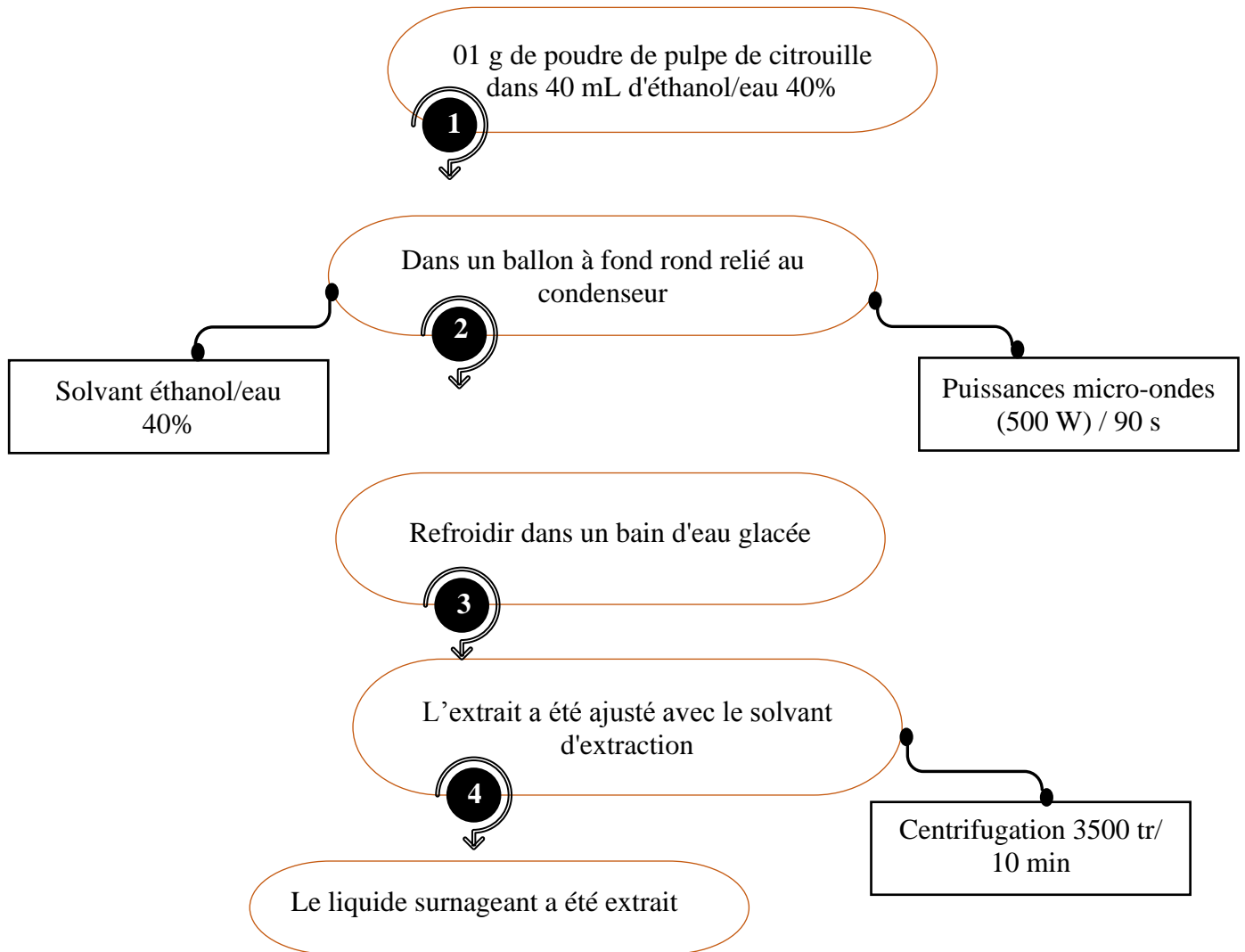


Figure 8 : Préparation de l'extrait de citrouille.

4.11. Dosage des composés phénoliques de la citrouille et du yaourt

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, comme décrite par **Oufghou et al., (2024)**.

Mélanger 100 μ L de l'extrait de yaourt ou de citrouille avec 500 μ L de réactif de Folin-Ciocalteu, Ensuite, ajouter 1500 μ L d'une solution de bicarbonate de sodium à 20 % (p/v), Agiter au vortex puis incuber à température ambiante pendant 60 minutes, Enfin, mesurer les absorbances à une longueur d'onde de 760 nm, Utiliser l'acide gallique comme étalon de référence pour quantifier la teneur en composés phénoliques dans les extraits, Les résultats sont donc exprimées en milligramme équivalent acide gallique/ g de produit (**Oufghou et al., 2024**).

4.12. Dosage des flavonoïdes

Le chlorure d'aluminium (AlCl_3) réagit avec les flavonoïdes présents dans l'échantillon pour former un complexe stable, Ce complexe présente une couleur jaune caractéristique qui peut être mesurée par spectrophotométrie, Cette méthode permet de quantifier la présence de flavonoïdes en mesurant l'absorbance de la solution à une longueur d'onde spécifique dans la gamme du visible du spectre électromagnétique, où le complexe AlCl_3 -flavonoïde montre une absorption maximale (**Chang, 2002**), Le dosage des flavonoïdes est effectué selon la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium décrite par **Oufghou (2024)**.

Mélanger 1 mL d'extrait de citrouille ou de yaourt avec 1 mL de solution de chlorure d'aluminium (2 % p/v), Ensuite, incubé le mélange à température ambiante pendant 15 minutes, Enfin, mesurer l'absorbance à une longueur d'onde de 430 nm, La quantification des flavonoïdes est réalisée en utilisant une courbe d'étalonnage établie avec de la quercétine, un flavonoïde de référence couramment utilisé, Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent quercétine/ g de produit.

4.13. Evaluation de l'activité antioxydante (test anti-radicalaire au DPPH)

Les antioxydants présents dans l'échantillon de citrouille ou de yaourt réduisent le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), ce qui provoque un changement de couleur de la solution violette de DPPH au jaune, Pour évaluer leur activité antioxydante, on mesure l'absorbance de la solution à une longueur d'onde spécifique, généralement autour de 517 nm, avant et après la réaction, La diminution de l'absorbance reflète le degré de réduction du DPPH et donc l'activité antioxydante de l'échantillon (**Blois, 1958**).

L'activité antioxydante a été évaluée en utilisant la méthode basée sur la capacité de piégeage du radical libre DPPH* (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle), selon le protocole décrit par **Oufghou et al., (2024)**, 150 μl de solution de DPPH (à une concentration de 10^{-3} mM) ont été ajoutés à 1000 μl de l'extrait de citrouille ou de yaourt puis agiter, Les mélanges ont été incubés pendant 60 minutes à température ambiante, La diminution de l'absorbance du mélange a été mesurée à une longueur d'onde de 517 nm, Le pourcentage d'inhibition, qui exprime cette activité, est calculé à partir des absorbances selon la formule suivante :

$$\text{Activité anti-radicalaire}\% = [(A_0 - A_1) / A_0] * 100$$



Avec :

- ↳ **A₀** : Absorbance de l'échantillon blanc.
- ↳ **A₁** : Absorbance de l'échantillon d'essai.

5. Analyses bactériologique de yaourt

Les analyses microbiologiques des yaourts ont pour but de s'assurer que les yaourts préparés présentent une qualité hygiénique, en respectant les règles décrites par le journal officiel algérien (**JORA N° 39 du 02 juillet 2017**).

Tableau VIII : les analyses bactériologique des yaourts.

Flores recherchés	Milieu de culture	T° d'incubation	Durée	Colonie
Enterobacteriaceae	VRBG	48°C	24 h à 48 h	avec une couleur rouge
aureus	CHAPMAN	37°C	24 h à 48 h	jaune citron
Staphylococcus	HEKTOEN	37°C	24 h	coloration noir au centre des colonies
Salmonella.sp				

5.1. Enterobacteriaceae

Le dénombrement des Entérobactéries totale, se fait sur milieu solide VRBG, contenant un agent sélectif inhibiteur des bactéries GRAM+ (biliée et du glucose).

L'ensemencement est effectué en double couche, l'incubation à 37°C pendant 48h (**ISO, 2018**).

5.2. Staphylococcus aureus

Ensemencer de 0.1 ml de yaourt en culture en surface sur la gélose CHAPMAN, incubation 37°C, pendant 24h à 48h (**NA 2696,2021**). Compter ensuite les colonies jaune citron et les identifier, repiquer les colonies présumées et confirmer avec des teste (**ISO, 2021**).

5.3. Salmonella

La détermination de salmonella se fait à partir de 3 étapes :

Pré-enrichissement : sur milieux non sélectif qui contient l'eau peptone tamponné, pendant 16 à 20 h à 37°C.

Enrichissement : sur le milieu bouillon au sélénite qui contient peptone, tryptone, mannitol, phosphate disodique, pendant 24h à 37°C.

Isolement : sur milieux sélectif HEKTOEN qui contient lactose, saccharose, bleu de bromothymole, F3+, pendant 24h à 37°C.

Résultats et discussions

1. Caractérisation de la pulpe et des purées de citrouille

La figure ci-dessous montre les deux purées utilisées pour enrichir les yaourts qui sont caractérisées par une belle couleur orangée :



Figure 9 : Photographies des purées de citrouilles (a : sucrée, b : non sucrée)

Les résultats des analyses physicochimiques de la pulpe de citrouille sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau VIII : Résultats des analyses physicochimiques de la pulpe et purée de citrouille.

Paramètres	Pulpe de citrouille fraîche	Purée de citrouille cuite non sucrée	Purée de citrouille cuite sucrée
pH	4,5±0,01	4,69±0,01	4,7±0,01
Humidité (%)	95,75±0,3	81,0±0,2	79,0±0,12
EST (%)	4,25±0,15	19±0,15	21±0,15
Cendres (%)	0,179±0,002	0,507±0,002	0,75±0,002

- **pH de la citrouille**

Le pH mesuré de la pulpe de citrouille est de citrouille **4,5±0,01** cette mesure est similaire aux résultats des autres études comme celle de **El Khatib et Muhieddine (2020)**, qui avaient trouvé un pH de $4,5 \pm 0,003$.

Concernant le pH des purées de citrouille, il est de 4,69 et 4,7 pour les purées non sucrée et sucrée respectivement. Ces valeurs sont très proches et sont légèrement inférieures au pH de la pulpe fraîche, ceci est due à l'effet de cuisson et l'ajout du sucre.

Cette similarité indique que les caractéristiques acides de la pulpe de citrouille sont assez constantes et reproductibles, ce qui est important pour des applications alimentaires et industrielles. Les fruits de citrouille sont généralement classés comme des aliments moyennement acides avec un intervalle de pH qui varie de 4,5 à 5,50 (**Rahman *et al.*, 2024**).

- **Humidité de la citrouille**

Le taux d'humidité obtenu pour la pulpe de citrouille est de 95,75%, ainsi l'EST est de 4,25 %. Selon les résultats obtenus par **Seremet (2016)** le taux d'humidité des tranches de citrouille est de 90 %. Concernant les purées leurs taux d'humidité sont inférieurs, ce qui est expliqué par l'effet de cuisson et l'ajout du sucre qui réduisent significativement le taux d'humidité. Ces paramètres dépendent également sur l'espèce et l'environnement dans lequel les citrouilles sont cultivées (**Achu *et al.*, 2005**).

- **La teneur en cendres**

La pulpe montre une teneur en cendres de 0,75 %, proche de celle obtenue par **Adubofuor *et al.* (2016)** mais nettement inférieure à celle trouvée par **Immaculate *et al.* (2020)**. Ces résultats révèlent une distinction claire entre les valeurs obtenues dans les deux études et nos observations. Les teneurs en cendres obtenus par **Adubofuor *et al.* (2016)** sont de $0,66 \pm 0,07\%$ pour les citrouilles rondes et de $0,83 \pm 0,05\%$ pour les citrouilles cylindriques. En revanche **Immaculate *et al.* (2020)** ont trouvé une teneur en cendres de $15,21 \pm 1,38\%$ pour les citrouilles cylindriques, cette différence pourrait être attribuée à la variabilité génétique des cultivars et aux caractéristiques du sol. Car l'environnement a une influence significative sur la composition inorganique des cultures. De plus, le stade de maturité des fruits au moment de la récolte pour l'analyse pourrait également expliquer cette divergence.

2. Résultats de l'évaluation sensorielle des yaourts formulés

L'évaluation sensorielle des yaourts formulés a été effectuée afin de choisir la formule la plus appréciée par le consommateur. Les résultats des analyses hédonique et sensorielle (panel expert) ont été récapitulés puis traités par le logiciel XL STAT.

2.1. Profils sensoriels des yaourts formulés

Les caractéristiques sensorielles des yaourts enrichis ont été analysées et comparées à celles d'un yaourt non enrichi. Les profils sensorielles obtenus sont présentés dans la Figure 10 et comme rappelle, les codes des échantillons sont les suivants :

- **Yaourt (201)** : Yaourt brassé enrichi avec 10% de purée de citrouille sucrée.
- **Yaourt (190)** : Yaourt brassé enrichi avec 10% de purée de citrouille non sucrée.
- **Yaourt (010)** : Yaourt brassé fruité à 15% de purée de citrouille sucrée.
- **Yaourt (023)** : Yaourt brassé sucré non enrichi.

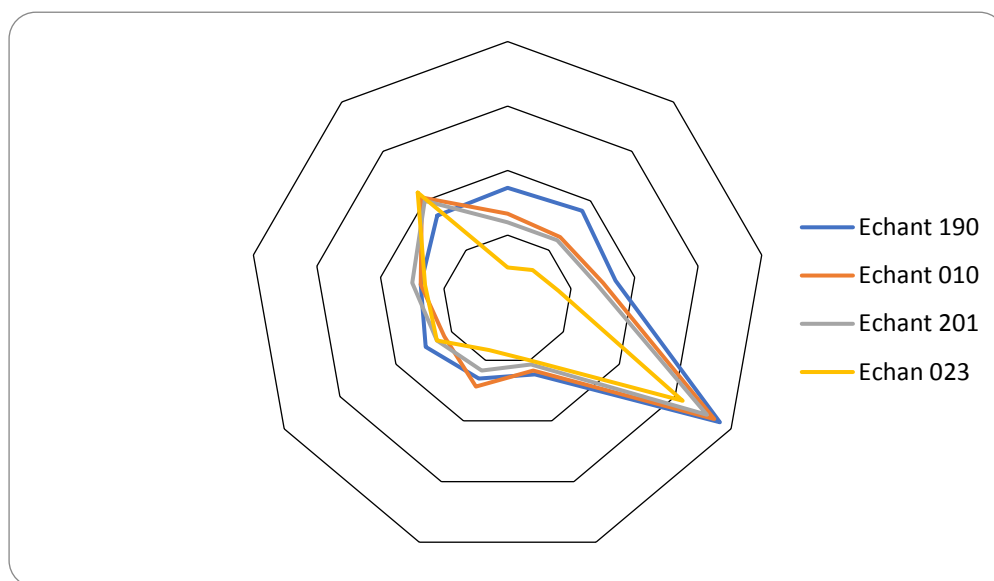


Figure 10 : Profils sensoriels des yaourts formulés (graphe radar).

D'après le graphe précédent, les yaourts enrichis ont des préférences globales voisines et le moins apprécié correspond à l'échantillon non enrichi (023). Les échantillons 010 et 201 présentent des caractéristiques assez similaires, car les deux sont enrichis avec de la purée de citrouille sucrée. Cependant le yaourt 190 additionné de la purée non sucrée est caractérisé par sa couleur, son arôme et la quantité de fruit plus intenses par rapport aux autres yaourts.

2.2. Caractérisation des produits

- **Pouvoir discriminant par descripteur**

La figure ci-dessous montre les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les différents types de yaourt.

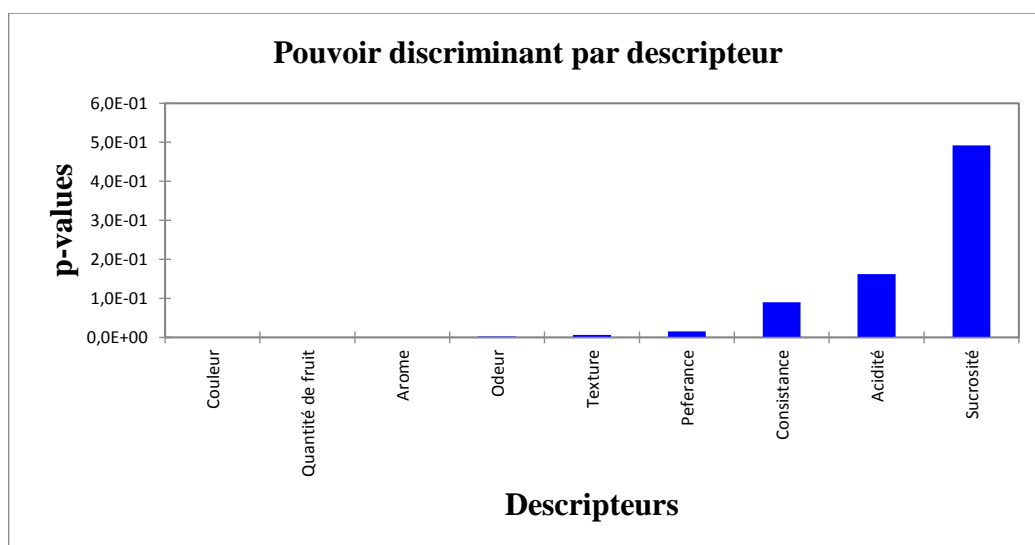


Figure 11 : Pouvoir discriminant par descripteur.

Les résultats révèlent que le pouvoir discriminant par descripteur est dominant pour la couleur, la quantité de fruit, l'arôme, ce qui explique que la diversité de ces descripteurs a été constatée par les experts.

En revanche, des attributs comme la consistance, la sucrosité et l'acidité sont moins discriminants. Donc, les experts n'ont pas observé de variations importantes pour ces critères entre les différents descripteurs des échantillons qu'ils ont dégustés.

- **Coefficient des modèles**

Quatre histogrammes ont été obtenus (Figure 12), chaque histogramme correspond au profil sensoriel d'un yaourt. En bleu, nous observons les caractéristiques dont les coefficients sont significativement positifs (Les notes sont supérieures à la moyenne des notes attribuées par les juges) et en rouge celles dont les coefficients sont significativement négatifs (Les notes sont inférieures à la moyenne des juges). En blanc, nous observons les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs (Les notes sont proches de la moyenne des juges).

✓ Le yaourt 023 est caractérisé par de faibles intensités de couleur, arôme et quantité de fruit ainsi que par sa texture lisse. Ceci est expliqué par le fait qu'il s'agit d'un yaourt non enrichi donc sa couleur est blanche et ne contient pas de purée de citrouille.

✓ Le yaourt 010 à 15% de citrouille sucrée est caractérisé par sa couleur et son odeur qui sont intenses.

✓ Le yaourt 190 à 10% de purée sans sucre est caractérisé par des intensités élevées de la couleur, arôme, consistance et quantité de fruit. Cependant sa texture est moins lisse comparativement aux autres échantillons.

✓ Le yaourt 201 à 10% de purée sucrée toutes ses caractéristiques sensorielles analysées sont d'une intensité moyenne.

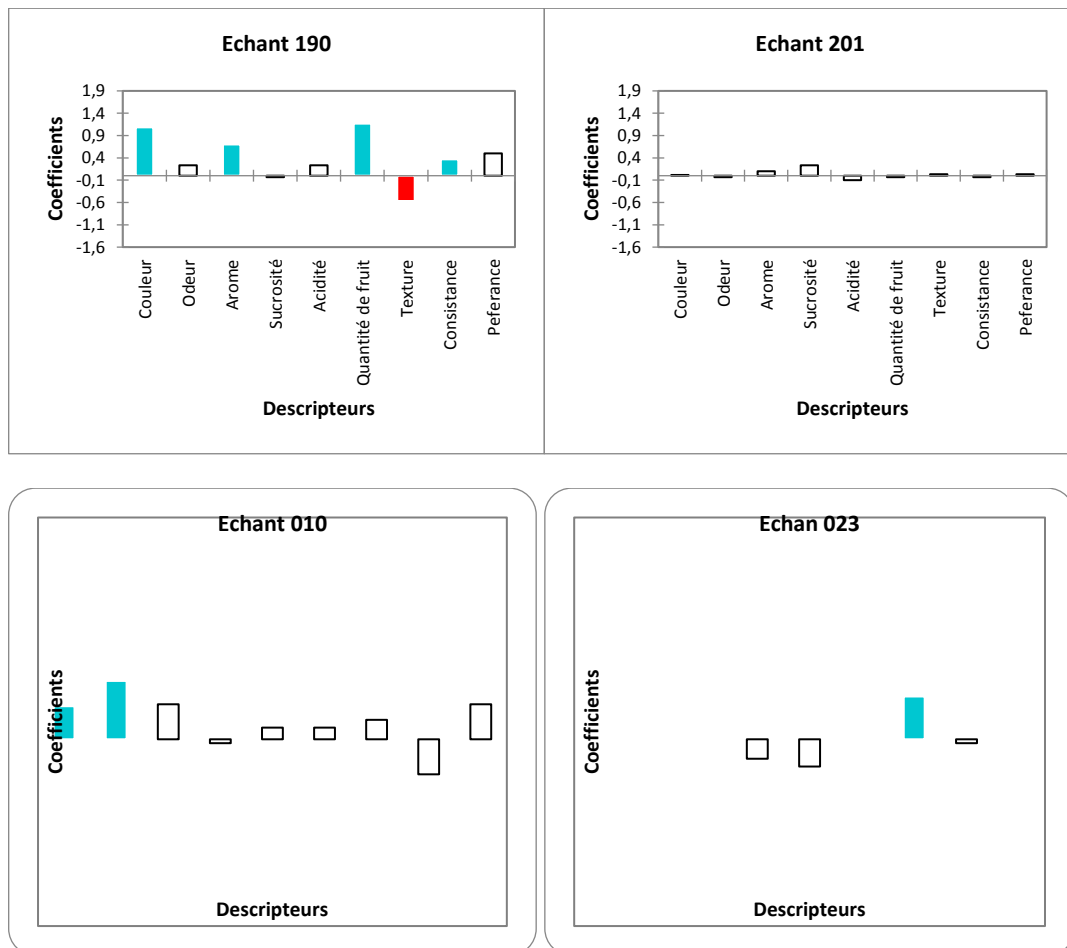


Figure 12 : Coefficients des modèles des quatre échantillons de yaourts.

2.3. Analyse en composantes principales (ACP)

La figure suivante montre les corrélations entre les variables (attributs) et les facteurs (les yaourts) par l'ACP :

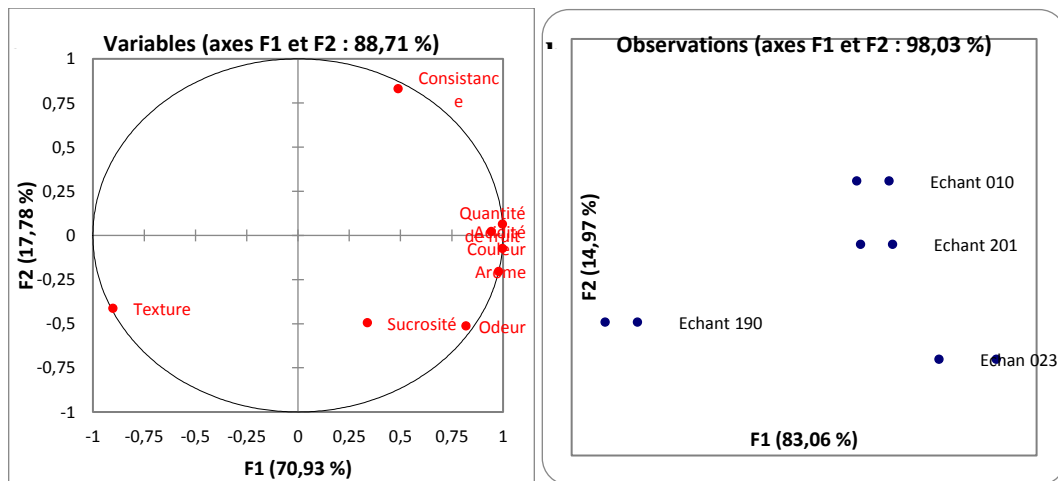


Figure 13 : Corrélation entre les variables(a) et les facteurs(b).

La figure précédente (a) montre que les attributs : quantité de fruit, couleur, arôme et odeur sont en corrélation positive. On constate la texture et la sucrosité ainsi que la consistance et la sucrosité sont en corrélation négative. Les résultats de la figure (b) montrent que les yaourts 010 et 201 sont en corrélation car ils présentent des caractéristiques voisines comme décrit précédemment.

2.4. Cartographie des préférences (PREFMAP)

Une carte de préférence (PREFMAP) a été créée (Figure 14) sur XL STAT après avoir regroupé les consommateurs selon leurs préférences en effectuant une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et une Analyse en Composantes Principales (ACP) à partir des données du panel expert. Cette carte permet de relier les préférences aux caractéristiques sensorielles des produits exprimés par les panélistes. Cette carte est importante car elle permet aux équipes marketing et recherche et développement adapter les produits aux goûts des consommateurs (Addinsoft, 2013).

Selon la Figure 18, les échantillons 010 et 201 qui correspondent respectivement aux yaourts enrichis avec 15 et 10% de purée de citrouille sucrée, sont les plus appréciés (ils sont préférés par 50% des dégustateurs). Ils sont suivis par le yaourt 023 (non enrichi) qui est préféré par 45% des consommateurs et enfin par le yaourt 190 qui est additionné par la purée de citrouille non sucrée, il est apprécié par 36% des dégustateurs uniquement.

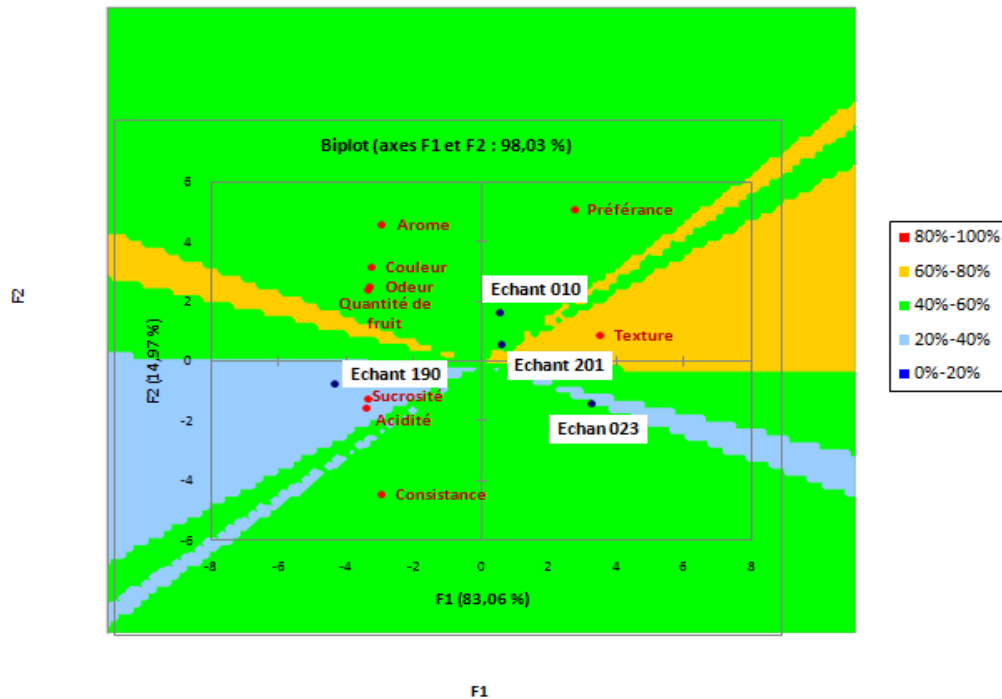


Figure 14 : Carte des préférences des yaourts formulés

3. Caractérisation physico-chimique du yaourt préféré

En tenant compte des résultats de l'évaluation sensorielle, nous choisissons le yaourt 202 à 10% de purée de citrouille sucrée pour le reste de notre étude (Figure 15), au lieu de celui à 15% de purée. Puisque, même s'il contient moins de purée en comparant à ce dernier, ils ont les deux des caractéristiques sensorielles voisines.



Figure 15 : Photographie du yaourt préféré et enrichi à 10% de purée de citrouille.

Les résultats des analyses physicochimiques du yaourt enrichi à 10% et du yaourt non enrichi sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IX : Résultats des analyses physicochimiques des yaourts.

Paramètres	Yaourt enrichi	Yaourt non enrichi	Limites
pH	4,50±0,01	4,6±0,01	/
Acidité%	1,12±0,01	1,12±0,01	>0,7 %
EST%	25,3±0,01	27,31±0,01	/
Lipides%	3,18±0,02	2,64±0,01	< 15%
Protéines%	4,69±0,03	5,42±0,02	> 2,7%
Teneur en sel%	0,36±0,001	0,12±0,004	/
Glucide(%)	11,98±0,1	14,43±0,2	/
Cendres (%)	0,768±0,002	0,65±0,001	
Calcium mg/100g	173±0,5	152±0,2	/

✓ **pH et acidité titrable**

Les valeurs de pH et d'acidité du yaourt enrichi sont respectivement 4,50 et 1,12 % se situent dans de l'intervalle de tolérance établi par les normes algériennes JORA (2021) et sont en alignement avec celles observées pour les yaourts brassés aux fruits. Cela atteste que le processus de fabrication du yaourt a été conforme aux exigences concernant le taux d'ensemencement des levains et la durée de la fermentation. Pendant la période de stockage, l'acidité du yaourt peut augmenter en raison de la croissance des bactéries lactiques (**Servili et al., 2011**).

✓ **Extrait sec total (EST)**

Selon les normes internationales du Codex Alimentaires, le yaourt doit, contenir au moins 8,2 % d'extrait sec total pour garantir sa qualité et sa consistance **CODEX STAN 243-1975**. Étant donné que notre yaourt enrichi présente une teneur en extrait sec total de 25,3 %, nous pouvons affirmer qu'il respecte largement cette norme et qu'il est assez consistant. En revanche il est moins consistant comparativement au yaourt non enrichi suite à l'ajout de la pulpe de citrouille.

✓ **Teneurs en protéines**

D'après les données du Tableau X, le yaourt enrichi en citrouille présente une teneur plus faible en protéines par rapport au yaourt témoin, ce résultat est en concordance avec celui obtenu par **Najgebauer-Lejko et al.,(2014)**.

Ce résultat peut être expliqué par, les légumes ajoutés comme la citrouille qui ont généralement moins de protéines que le lait utilisé pour fabriquer le yaourt. En ajoutant ces ingrédients, on dilue la matrice du yaourt, ce qui réduit la proportion relative de protéines. De plus, les étapes de traitement des ingrédients, telles que la cuisson, peuvent aussi altérer la en partie les protéines. Ces facteurs combinés expliquent pourquoi les yaourts enrichis aux fruits ou aux légumes présentent souvent une teneur en protéines légèrement inférieure à celle des yaourts non enrichis (**Tamime et Robinson, 1999**).

✓ **Teneurs en lipides**

Les valeurs des lipides répondent aux normes algériennes qui varient de 1,1 à 3,5% (**JORA, 2021**).

✓ **Teneurs en glucides**

Le yaourt enrichi a une teneur en glucides de 11,98 g/100 g qui peut donc être considéré comme satisfaisante. Selon **Huneau et al.(2020)** la teneur moyenne en glucides d'un yaourt ou d'une spécialité laitière aux fruits est de 12,8 g/100 g.

✓ **Teneur en sel**

Selon l'article d'**(Akdemir et al., 2007)**, la teneur totale en sel d'un yaourt nature n'est pas déterminée. En revanche, le yaourt fortifié contient 0,3 g de sel, ce qui peut s'expliquer par le processus de fermentation dont les bactéries lactiques transforment le lactose en acide lactique. Ceci peut concentrer légèrement certains composants minéraux, dont le sodium, ce qui peut contribuer à une petite augmentation de la teneur en sel (**Akdemir et al., 2007**).

✓ Taux de cendres

Les résultats des analyses révèlent des taux de cendres presque identiques pour les deux échantillons étudiés. Ces observations concordent avec l'étude menée par **Barakat *et al.*(2017)**, qui rapporte des valeurs de cendres comprises entre $0,79 \pm 0,00$ pour le yaourt nature et $0,80 \pm 0,01$ pour le yaourt enrichi à la citrouille. Il est intéressant de noter que d'autres études ont également abouti à des valeurs similaires.

Les cendres dans les aliments correspondent aux résidus minéraux restants après combustion et sont indicatives de la présence d'éléments minéraux essentiels. Cette similarité suggère que tous ces produits sont riches en minéraux bénéfiques pour la nutrition, renforçant ainsi leur valeur nutritive globale (**Brown, 2014**).

✓ Teneur en calcium

Selon nos résultats, la teneur en calcium trouvée dans le yaourt additionné de 10% de pulpe de citrouille est de 173 mg pour 100 g qui est supérieure à celle trouvée dans le yaourt non enrichi et à celle trouvée dans l'étude réalisée par **Martinez-Gonzalez *et al.*(2014)** qui est de 144 mg pour 100g. Ainsi, nous pouvons conclure que l'ajout de citrouille apporte une valeur nutritionnelle supplémentaire au yaourt reformulé

4. Suivi du pH et de l'acidité titrable du yaourt enrichi

En examinant le graphique ci-dessous, nous remarquons pendant une durée de 30 jours après la formulation du yaourt enrichi, le pH baisse progressivement tandis que l'acidité augmente légèrement.

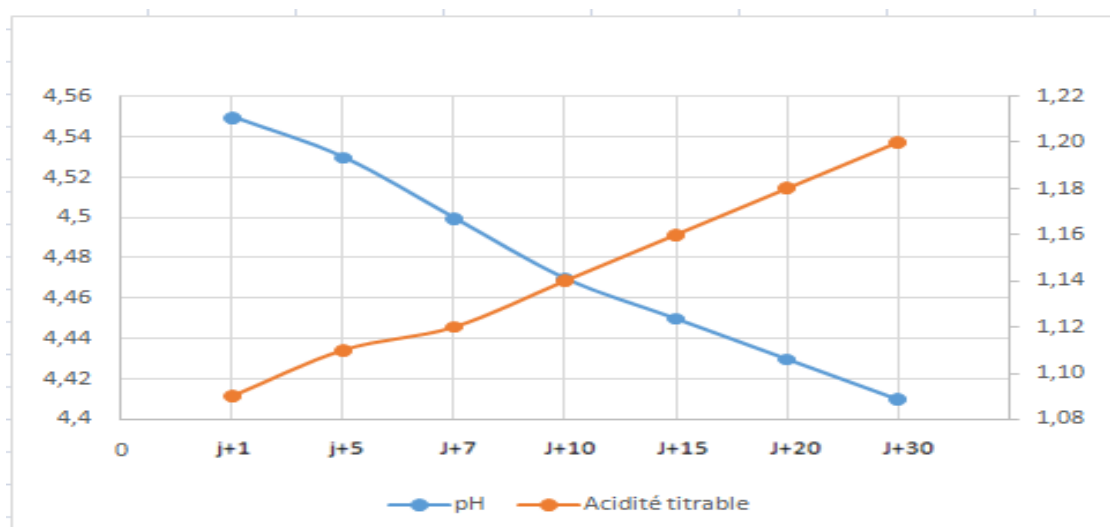


Figure 16 : Suivi du pH et de l'acidité titrable du yaourt enrichi.

Pendant une durée de 30 jours, le pH du yaourt, varie entre 4,4 et 4,6. Bien que l'on note une légère acidification avec le temps, elle demeure minime et n'impacte pas la qualité perçue du produit.

La constance observée de l'acidité titrable est cruciale pour conserver la fraîcheur du produit et suggère une maîtrise efficace de la fermentation et de la conservation. Limitant ainsi toute variation notable susceptible d'altérer la perception du consommateur (Foschini, 1949).

5. Teneurs en composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante

L'ensemble des résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau X : Teneurs en composés phénoliques et évaluation de l'activité antioxydante.

Echantillons	Polyphénols totaux (mg EAG/100g)	Flavonoïde (mg EQ/100g)	Activité anti radicalaire au DPPH (IC ⁵⁰ mg/mL)
Pulpe de citrouille fraîche	240±1,5	140,5±2,1	1,475±0,13
Yaourt enrichi à10% de citrouille	103±1,3	1,2±0,015	24,94±1,1
Yaourt non enrichi	381±1,6	4,4±0,25	38,4±1,5

5.1. Teneurs en polyphénols totaux

La quantité en polyphénols totaux de la pulpe de citrouille est 240 mg EAG/100g de poids sec. Cette valeur est inférieure à celle rapportée par **Oufighou et al.(2024)** qui était de 282 mg EAG/100 g de poids sec. Sachant que nous avons utilisé la même méthode et solvant d'extraction, cette disparité peut s'expliquer par les variations naturelles des composés phénoliques selon les cultivars de citrouille utilisés, ceci peut avoir un impact significatif sur le contenu en polyphénols.

De plus, la concentration en polyphénols totaux dans les yaourts enrichis en citrouille a également été notablement inférieure à celle du yaourt non enrichi qui est de 381 mg EAG/100 g du poids sec. Cette diminution pourrait résulter des interactions complexes entre les polyphénols de la citrouille avec les composants du yaourt tels que les protéines et les lipides. Ces interactions et complexations peuvent affecter la disponibilité des polyphénols du yaourt, affectant ainsi leur concentration mesurée dans le produit fini.

5.2. Teneurs en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes de la poudre de citrouille a été exprimée en milligrammes équivalents quercétine par 100 g du poids sec (mgEQ/100g), et la valeur obtenue est de 1,4 mg EQ/100g. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par **Zhou et al.(2017)** qui est de $0,51 \pm 0,01$ mg EQ/100 g de poids sec pour l'espèce *Cucurbita pepo*.

La concentration de flavonoïdes dans le yaourt nature est estimée de 4,4 mg EQ/100g, tandis que celle dans le yaourt enrichi est de 1,2 mg EQ/100ES. Ces résultats étant inférieurs à ceux trouvés par **Barakat et al.(2017)** avec une valeur moyenne de 2,10 mg EQ/100g pour le yaourt enrichi avec la pulpe de citrouille.

Ces différences de résultats pourraient être dues à plusieurs paramètres tels que la méthode et les conditions d'extraction ainsi que le degré de maturité de l'échantillon et son origine géographique (**Brahmi et al., 2021**).

5.3. Capacité de piégeage du radical DPPH

Le test au DPPH est fréquemment employé comme un indicateur rapide, fiable et reproductible pour évaluer l'activité antioxydante des extraits de plantes (**Aliyu et al., 2012**).

Dans le test au DPPH, l'extrait de la pulpe de citrouille a montré une valeur de CI_{50} de 1,475 mg / mL. Ces résultats sont en concordance avec ceux obtenus par **Oufighou et al. (2024)**, qui ont montré que les CI_{50} de la neutralisation du radical DPPH par l'extrait de pulpe de citrouille étaient de 1,324 mg/mL.

La CI_{50} de l'extrait du yaourt brassé à la pulpe de citrouille est de 24,94 mg/mL, elle est inférieure à celle de l'extrait du yaourt témoin qui est de 38,4 mg/mL. Cela signifie que le yaourt enrichi a une activité antioxydante supérieure au yaourt non enrichi.

6. Résultats des analyses microbiologiques du yaourt préféré

Le yaourt sélectionné qui correspond au yaourt enrichi à 10% de citrouille est soumis à des analyses microbiologiques rigoureuses pour garantir sa conformité aux normes et sa salubrité. Les principaux indicateurs de la qualité microbiologique des aliments sont les *Enterobacteriaceae*, en raison de leur potentiel indicatif de contamination fécale et de risques sanitaires (**da Silva, 2022 ; Garbaj et al., 2023**).

L'ensemble des résultats des analyses microbiologiques sont résumés dans le tableau XII :

Tableau XI : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt enrichi.

Germes Recherché	Yaourt enrichi à 10% de pulpe de citrouille	Normes
<i>Enterobacteriaceae</i>	Absence	10-10 ²
<i>Staphylococcus coagulase+</i>	Absence	10-10 ²
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence dans 25 g

Les analyses microbiologiques réalisées sur le produit fini à J+1 indiquent une absence totale de germes pathogènes, et tous les échantillons analysés (5 échantillons) respectent les normes appliquées de l'arrêté interministériel du 04 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires publiées au JO N°39 du 02 juillet 2017 . C'est un indicateur positif de la qualité microbiologique du produit.

Cela suggère que les bonnes pratiques de fabrication ont été respectées et que les risques de contamination ont été maîtrisés. En conséquence, cela garantit que le produit élaboré est sain et propre à la consommation, en offrant ainsi une assurance supplémentaire quant à sa qualité et à sa sécurité pour le consommateur.

Conclusion

Ce travail s'est concentré sur la valorisation de la pulpe de citrouille à travers son incorporation dans le yaourt, visant à créer un aliment à la fois fonctionnel, nutritif et thérapeutique. Cette étude explore les différents aspects de ce développement, mettant en lumière les bénéfices potentiels pour la santé ainsi que les implications technologiques associées.

En cours de notre étude, le yaourt a été formulé au niveau de la laiterie DELICES LAITIERE, afin d'obtenir une base blanche pour laquelle ont été incorporées différentes proportions de purées de citrouille. A cet effet, trois yaourts enrichis ont été formulés, l'un est additionné de 10% de purée sucrée de citrouille, le deuxième avec 15% de purée sucrée également et le 3^{ème} avec 10% de purée de citrouille non sucrée.

L'évaluation sensorielle des yaourts enrichis et non enrichi a montré que les yaourts brassés et additionnés de 10% et 15% de purée de citrouille sucrée sont les plus appréciés.

Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que le yaourt enrichi à 10% présente des teneurs élevées en protéines, glucides, lipides, calcium et en sel. Avec une bonne activité antioxydante grâce à l'enrichissement avec la pulpe de citrouille.

Les résultats des analyses microbiologiques montrent que le yaourt enrichi à 10% est conforme aux normes et possède une qualité microbiologique très satisfaisante.

Enfin, ce travail met en évidence le potentiel prometteur des yaourts enrichis à la pulpe de citrouille comme une innovation alimentaire stratégique pour répondre aux attentes croissantes des consommateurs en matière d'aliments fonctionnels et naturels. Il ouvre la voie à de nouvelles recherches et à des développements dans l'industrie alimentaire, visant à maximiser les bénéfices nutritionnels de la citrouille et de ses sous-produits comme l'écorce et les graines, tout en proposant des produits attrayants sur le plan sensoriel et bénéfiques pour la santé.

✓ En perspectives, il serait opportun d'approfondir l'étude des caractéristiques spécifiques de la citrouille et d'explorer davantage ses possibilités de valorisation dans l'industrie laitière, en raison de sa valeur nutritionnelle intéressante.

Références bibliographiques

A

- Ahmed, M. W., Khan, M. S. I., Parven, A., Rashid, M. H., & Meftaul, I. M. (2023). Vitamin-A enriched yogurt through fortification of pumpkin (*Cucurbita maxima*): A potential alternative for preventing blindness in children. *Heliyon*, 9(4).
- Aziz, A., Noreen, S., Khalid, W., Ejaz, A., Faiz ul Rasool, I., Maham, ... & Uddin, J. (2023). Pumpkin and Pumpkin Byproducts: Phytochemical Constitutes, Food Application and Health Benefits. *ACS omega*, 8(26), 23346-23357.

B

- Bardaa S, Ben Halima N, Aloui F, Ben Mansour R, Jabeur H, Bouaziz M, Sahnoun Z. Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids Health Dis* 2016; 15(1):1-12.
- Béal, C., & Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Fabrication des yaourts et des laits fermentés*, 6315.
- Béal, C., & Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés, 5, 10,11
- Béal, C., & Sodini, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur. Agroalimentaire (France)*, (6315).
- Bernardeau, M., Guguen, M., & Vernoux, J. P. (2006). Beneficial lactobacilli in food and feed: long-term use, biodiversity and proposals for specific and realistic safety assessments. *FEMS Microbiology Reviews*, 30(4), 487-513.
- Bintsis, T., & Papademas, P. (2022). The evolution of fermented milks, from artisanal to industrial products: A critical review. *Fermentation*, 8(12), 679.
- Bintsis.T. Papademas.P - Fermentation, 2022 mapi.com. The evolution of fermented milks from artisanal to industrial products: A critical review. Mooicom
- Bourlioux, P. (2007). *Histoire des laits fermentés. Cahiers de nutrition et de diététique*, 42, 9–14.
- Bourlioux, P. (2007). *Histoire des laits fermentés. Cahiers de nutrition et de diététique*, 42, 9–14.
- Brown AC. Understanding Food: Principles and Preparation, 5th edition, Cengage Learning, 2015, Chapter 10, Milk, p. 217.
- Brown, A. C., Walter, J. M., & Beathard, K. (2015). *Understanding food: principles and preparation* (p. 704). Boston, MA, USA:: Cengage learning.

C

- Chandan, R. C., & Kilara, A. (Eds.). (2013). *Manufacturing yogurt and fermented milks* (pp.294-295). Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Chuwa, C., & Dhiman, A. K. (2023). Nutrition and health benefits of ripe pumpkin fruit, pulp and powder. *Recent Res Sci Technol*, 4, 123-133.

E

- El Khatib, S. and Muhieddine, M. (2020), “Nutritional profile and medicinal properties of pumpkin fruit pulp”, *The Health Benefits of Foods – Current Knowledge and Further Development*, IntechOpen, doi: 10.5772/intechopen.89274.

F

- FAO. 2012. Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture. Site web:<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/F>. Consulté le 11 Novembre 2014.
- FDA. 2013a. Yogurt. 21 CFR 131.200, Code of Federal Regulations. U. S. Dept. of Health and Human Services, Washington, DC.
- Foschini, A. (1949). Sur la détermination de l'acidité titrable du lait. *Le Lait*, 29(285-286), 225-231.

G

- Gavril, R. N., Cârlescu, P. M., Veleşcu, I. D., Arsenoaia, V. N., Stoica, F., Stănciuc, N., ... & Râpeanu, G. (2024). The development of value-added yogurt based on pumpkin peel powder as a bioactive powder. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101098.

H

- Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Quddoos, M. Y., Aslam, J., ... & Nisar, R. (2023). A review on biochemical constituents of pumpkin and their role as pharma foods; a key strategy to improve health in post COVID 19 period. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 22.

K

- Kaur, S., Panghal, A., Garg, M. K., Mann, S., Khatkar, S. K., Sharma, P., & Chhikara, N. (2020). Functional and nutraceutical properties of pumpkin—a review. *Nutrition & Food Science*, 50(2), 384-401.
- Kulaitienė, J., Vaitkevičienė, N., & Levickienė, D. (2021). Studies on proximate composition, mineral and total phenolic content of yogurt bites enriched with different plant raw material. *Fermentation*, 7(4), 301.

L

- Lecerf, J, M, (2020), Particularités et bienfaits des yaourts, *Médecine des Maladies Métaboliques*, 14(8), 699-705.

N

- **Noblet, B. (2012).** Le lait : produits, composition et consommation en France. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 47(5), 242–249.

R

- Rizzoli R., (2020). Produits laitiers et santé osseuse. *PRODUITS LAITIERS : Dossier thématique*. Genève, Suisse : Med Mal Metab, 14 : 678–684.

S

- Shireeha, B., Panchala, R. M., Shobha, S., & Aparna, K. (2014). Development of symbiotic yoghurt. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8(5), 19-28.
- Singh, A., & Kumar, V. (2022). Nutritional, phytochemical, and antimicrobial attributes of seeds and kernels of different pumpkin cultivars. *Food Frontiers*, 3(1), 182-193.

T

- Tufail, M., Hussain, S., Malik, F., Mirza, T., Parveen, G., Shafaat, S., ... & Sadiq, A. (2011). Isolation and evaluation of antibacterial activity of bacteriocin produced by *Lactobacillus bulgaricus* from yogurt. *African Journal of Microbiology Research*, 5(22), 3842-3847.
- Tunick MH et coll. **Effect of heat and homogenization on in vitro digestion of milk.** *J Dairy Sci* 2016;99(6):4124-4139.
- Tunick, M. H., Ren, D. X., Van Hekken, D. L., Bonnaille, L., Paul, M., Kwoczak, R., & Tomasula, P. M. (2016). Effect of heat and homogenization on in vitro digestion of milk. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4124-4139.

W

- Weerathilake, W. A. D. V., Rasika, D. M. D., Ruwanmali, J. K. U., & Munasinghe, M. A. D. D. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-10.
- Wieteska A. Wpływ cięcia roślin na cechy biometryczne owoców wybranych odmian dyni piżmowej (*Cucurbita moschata* Duch.). *Zagadnienia aktualne poruszane przez młodych naukowców* 2015; 2(1):102-103.

Y

- Yildiz, F. (2016). *Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products*. C
- Yildiz, F. 2010. Overview of yogurt and other fermented dairy products. In: Yildiz, F., editor. *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*. CRC Press, Boca Raton, FL. Chapter 1. pp. 1 – 45.

Z

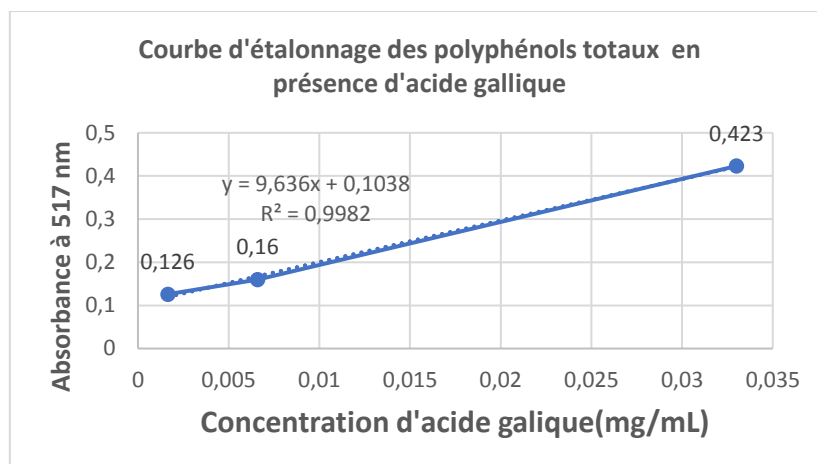
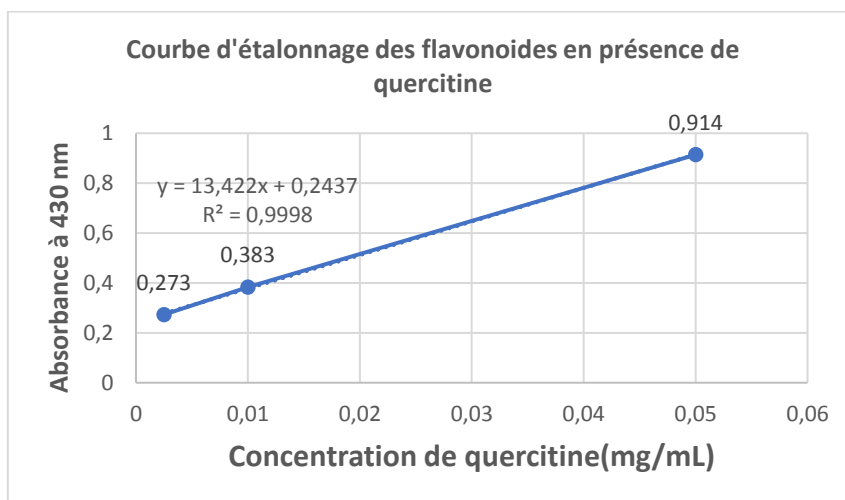
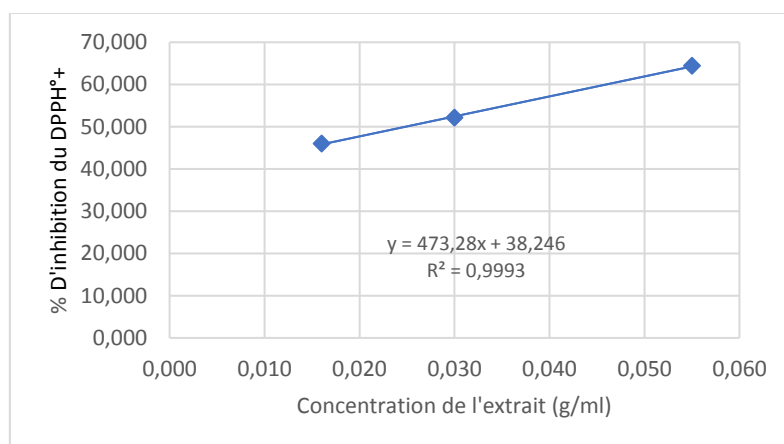
- Zourari, A., Accolas, J. P., & Desmazeaud, M. J. (1992). *Metabolism and biochemical characteristics of yogurt bacteria. A review.* *Le Lait*, 72(1), 1–34.

Webographie

<https://ecolothèque.montpellier3m.fr/sites/ecolothèque/files/Cucurbitac%C3%A9es.pdf>

www.xlstst.com, Addinsoft, 2013: XLSTAT-Statistical Analysis tool.

Annexes

Annexes 01 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux**Annexes 02** : Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes.**Annexes 03** : Courbe d'inhibition du DPPH.

Annexe 04 : Analyses hédonique d'un yaourt brassé (Panel consommateur)

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

Sexe : F / M

Age :

Dans l'objectif de réaliser une caractérisation sensorielle d'un pot de yaourt brassé, Quatre (04) échantillons codés **010, 190, 023 et 201** vous sont présentés, attribuer une note allant de 1 à 9 à chaque échantillon selon votre préférence, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré.

Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

NB : veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon

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

Echantillon	010	190	023	201
Note				

Merci d'avoir participé à notre évaluation sensorielle

Annexe 05: Analyse sensorielle d'un yaourt brassé (PANEL EXPERT)

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

Sexe : M/F

Age :

.....

Dans l'objectif de réaliser une caractérisation sensorielle d'un pot de yaourt brassé, Quatre (04) échantillons codés **010, 190, 023 et 201** vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer les différents caractéristiques organoleptiques en attribuent une note allant de 1 à 5 selon l'échelle présentée ci-dessous :

NB : veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon

1-LA COULEUR

- Quelle est votre impression de la couleur du yaourt ?

1. Orange moyennement intense
2. Orange très intense
3. Orange fortement intense

4. Orange faiblement intense
5. Orange un peu intense

Echantillon	010	190	023	201
Note				

2- L'ODEUR

- À quel point l'odeur est-elle prononcée ?

1. Absent
2. Faible
3. Moyenne
4. Fort
5. Très fort

Echantillon	010	190	023	201
Note				

3- L'INTENSITÉ DE L'ARÔME (sensation en bouche)

- Comment trouvez-vous l'arôme de ce produit ?
 1. Absent
 2. Faible
 3. Moyenne
 4. Fort
 5. Très fort

Echantillon	010	190	023	201
Note				

4- ARÔME IDENTIFIÉ

- Pouvez-vous identifier l'arôme de ce produit ?
 1. Absent
 2. Abricot
 3. Citrouille - courge-
 4. Non identifié

Echantillon	010	190	023	201
Note				

5- LA SUCROSITÉ

- Quelle est votre impression générale de la sucrosité de ce yaourt ?
 1. Absente
 2. Faible
 3. Moyenne
 4. Fort
 5. Très fort

Echantillon	010	190	023	201
Note				

6- L'ACIDITÉ

- Comment trouvez-vous l'acidité de ce pot ?
 1. Absente
 2. Faible
 3. Moyenne
 4. Forte
 5. Très forte

Echantillon	010	190	023	201
Note				

7- LA QUANTITÉ DE FRUITS

- Sur une échelle de 1 à 5, évaluez la quantité de fruits dans ce yaourt
 1. Absente
 2. Faible
 3. Moyenne
 4. Forte
 5. très forte

Echantillon	010	190	023	201
Note				

8- TEXTURE

- Comment trouvez-vous la texture de ce pot ?

1. Très granuleuse
2. Granuleuse
3. Peu granuleuse
4. Lisse
5. Très lisse

Echantillon	010	190	023	201
Note				

9- CONSISTANCE

- Comment évaluez-vous la consistance générale de ce yaourt ?

1. Liquide
2. Assez onctueux
3. Onctueux
4. Ferme
5. Trop ferme

Echantillon	010	190	023	201
Note				

10- PRÉFÉRENCE

Attribuer une note allant de 1 à 9 à chaque échantillon selon votre préférence sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré. Comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

10. Extrêmement désagréable
11. Très désagréable
12. Désagréable
13. Assez désagréable
14. Ni agréable ni désagréable
15. Assez agréable
16. Agréable
17. Très agréable
18. Extrêmement agréable

Echantillon	010	190	023	201
Note				

- ❖ Avis personnel :

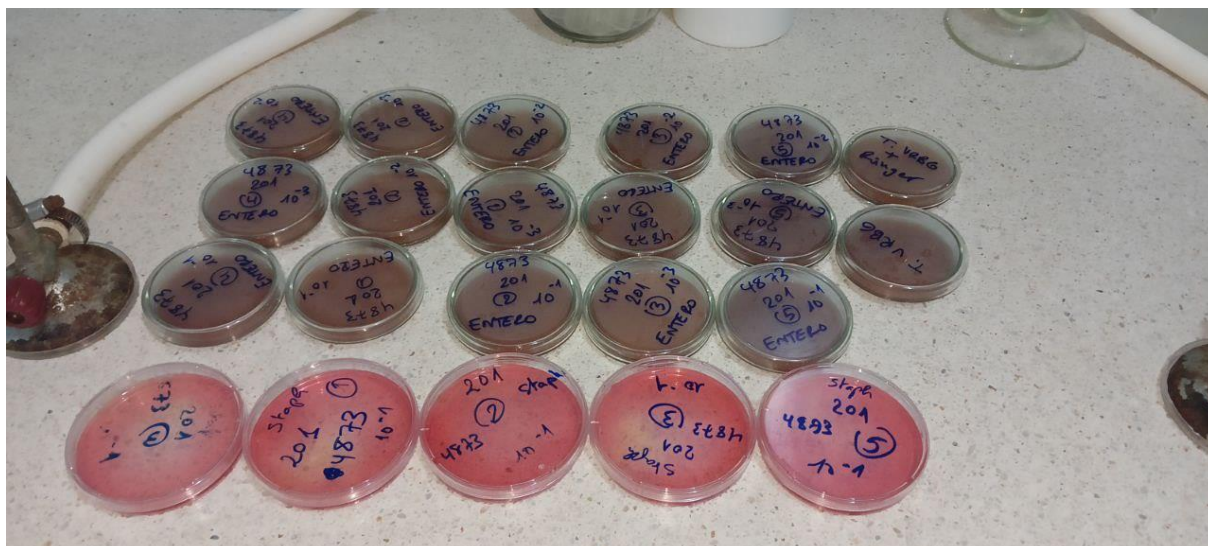
.....

Merci d'avoir participé à notre évaluation sensorielle

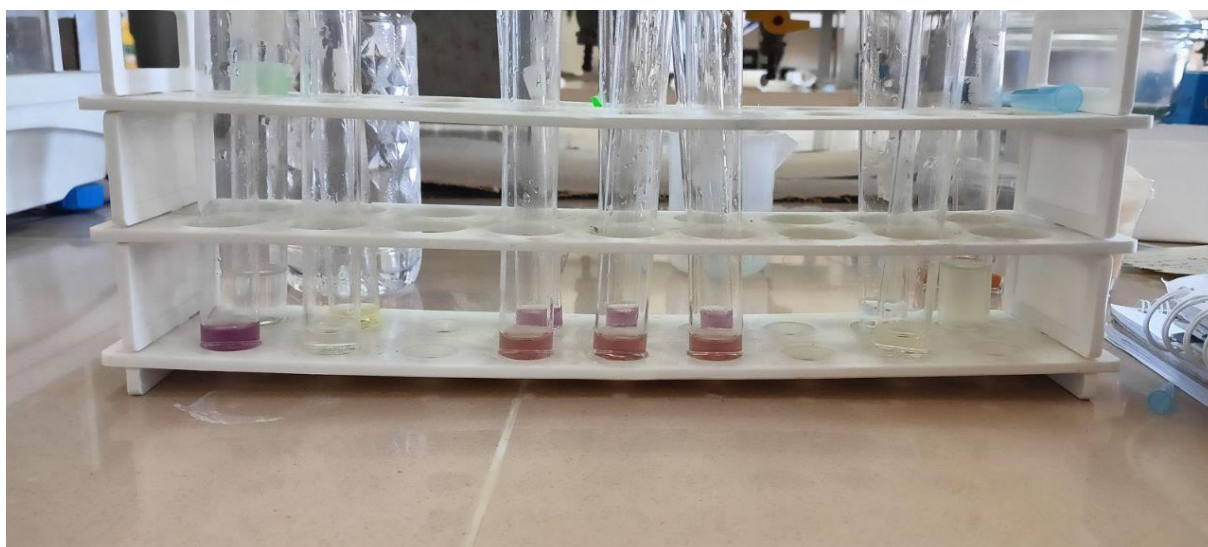
Annexe 06: Ensemencements des Bactéries pathogènes (Salmonella)



Annexe 07 : Ensemencements des Bactéries pathogènes (Staphylococcus coagulase+ ,
Enterobacteriaceae)



Annexe 08 : La série des dilutions de DPPH.



Résumé

Le but de cette étude est la formulation d'un produit fonctionnel à base de citrouille, il s'agit d'un yaourt brassé additionné de purée de citrouille. Des analyses sensorielles ont été initialement menées pour déterminer la concentration de citrouille la plus appréciée par le consommateur. Après avoir sélectionné le yaourt le plus préféré, des analyses physico-chimiques ont été effectuées pour évaluer sa valeur nutritionnelle, sa conformité aux normes et sa qualité hygiénique. Les analyses ont également inclus la mesure des teneurs en antioxydants (composés phénoliques totaux, flavonoïdes) ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante. Les résultats obtenus ont indiqué que le yaourt le plus apprécié est celui enrichi à 10 % de purée de citrouille sucrée. Il est caractérisé par sa qualité nutritionnelle intéressante et son activité antioxydante supérieure à celle d'un yaourt non enrichi. Les résultats des analyses microbiologiques du yaourt ont démontré une conformité aux normes internationales donc il s'agit d'un produit sain et propre à la consommation, en offrant ainsi une assurance supplémentaire quant à sa qualité et à sa sécurité pour le consommateur.

Mots clés : Citrouille, yaourt, analyses microbiologiques, analyse sensorielle, analyses physico-chimiques

Abstract

The aim of this study was to formulate a pumpkin-based functional product, a stirred yoghurt with pumpkin purée added. Sensory analyses were initially carried out to determine the concentration of pumpkin most appreciated by consumers. Once the most preferred yoghurt had been selected, physico-chemical analyses were carried out to assess its nutritional value, compliance with standards and hygienic quality. The analyses also included measuring antioxidant levels (total phenolic compounds, flavonoids) and assessing antioxidant activity.

The results showed that the most popular yoghurt was that enriched with 10% sweetened pumpkin purée. It is characterised by its interesting nutritional quality and its antioxidant activity, which is higher than that of unenriched yoghurt. The results of microbiological analyses of the yoghurt have shown that it complies with international standards, making it a healthy product that is fit for consumption, offering consumers added assurance of its quality and safety.

Keywords: pumpkin, yoghurt, microbiological analysis, sensory analysis, physicochemical analysis.