

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Production et Transformation Laitière



Réf :

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

Thème

**Propriétés physico-chimiques, microbiologiques et
sensorielles d'un yaourt brassé à la pulpe de la
courge (*Cucurbita moschata duch*)**

Présenté par :

KEMICHE Samia & HAMIDOUCHE Ouazna

Soutenu le : **30 Septembre 2021**

Devant le jury composé de :

Mme. TOUATI Naima	MCB	Présidente
Mme. MERZOUK Hafida	MCB	Encadreur
Mme. SMAIL Leila	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2020/ 2021

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.*

*Nos plus sincères remerciements s'adressent à notre promotrice Mme **Merzouk H.**, pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses orientations et sa disponibilité pour nous avoir donné les moyens et l'assistance nécessaire à la réalisation de notre travail.*

*Nous remercierons également les membres du jury, la présidente Mme **Touati N.**, et l'examinatrice Mme **Smail L.**, pour avoir accepté d'examiner notre travail, sans oublier l'ensemble des enseignants de notre faculté **SNV** en général et nos enseignants du département sciences alimentaires en particulier, ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'études.*

Nous voudrions adresser nos sincères reconnaissances :

*A Mr **Hamitouche A.**, Cogérant de la « **Laiterie SOUMMAM** » pour nous avoir donné l'opportunité et l'accessibilité aux moyens nécessaires à la réalisation de ce travail*

*A toute l'équipe de l'unité « **Laiterie Soummam** », au premiers lieu à Mme **Mehloul M.**, Chef de service du laboratoire microbiologique et physicochimique, Mr **Taalba S.**, Mr **Djafri B.**, et Mr **Hamitouche B.**, pour nous avoir soutenu durant la période de stage.*

*A toute l'équipe de production, Mr **Boukhata A.**, Mr **Sadi N.**, Mr **Medjkoune L.**, et Mr **Ferkane S.**, pour leurs explications.*

*A tous les membres du service **Recherche et Développement** pour leurs orientations et leurs conseils.*

*Un très grand **MERCI** adressé plus particulièrement à nos très chers parents, qui ont pu nous soutenir, nous aider, nous encourager, tout au long des années d'études.*

Enfin à tous ceux qui ont aidé à l'accomplissement de ce travail de près ou de loin.

Dédicaces

Au nom du DIEU tout puissant

En ce jour mémorable, je tiens à dédier ce travail :

A ma très chère mère

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes sont-elles ne sauraient capables d'exprimer l'amour et l'affection que j'éprouve pour toi. Tu as toujours été présente à mes côtés pour m'encourager et me consoler quand il fallait. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je ne pourrai jamais te remercier assez. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie.

A mon très cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer tout mon amour, ma reconnaissance, mon respect et ma profonde Gratitude pour tes sacrifices, ta patience sans fin, ton soutien, ton encouragement durant toutes mes années d'études. Grâce à toi j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour te rendre fier et ne jamais te décevoir. J'implore le tout puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

A mes précieuse sœurs Sonia, Mélissa, Dihia et mon unique petit frère Hocine

Pour tous vos encouragements permanents, vos soutiens moraux et vos réconforts. Puisse nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus. Que DIEU vous protège à jamais. Je vous aime beaucoup.

A ma plus douce tante Ourida

Puisse DIEU tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie.

A mes cousines adorées Malika, Fatima et Sabiha

Pour avoir toujours été là pour moi, pour le meilleur et le pire.

A mes très chères amies « la Vague » : Zinella, Kenza, Zahra, Sarah, Louiza, Lydia, Nesrine.

Spécialement ma très chère Zouzou

En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble. Que DIEU le Tout Puissant vous bénisse.

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

Samia

Dédicaces

En cette mémorable occasion de ma soutenance, je tien a dédier ce modeste travail :

Aux deux prunelles de mes yeux, mes très chers parents qui m'ont entouré de leurs amours et en lesquelles j'ai toujours trouvé une source d'encouragement et de réconfort et qui ont partagé avec moi mes joies et mes peines, qui m'ont soutenu, durant toutes mes études.

"Papa et maman merci pour vous sacrifices que dieu vous protèges"

A ma petite nièce Rima la lumière de notre vie que dieu vous garde pour nous.

A mon unique frère Younes la joie de ma famille, merci pour ton soutien pour ton aide pour ton encouragement, que dieu te protège.

A mes sœurs Lili et Kenza pour leurs amours, leurs écoutes leurs sacrifices et soutiens.

A ma grande sœur Nina qui me manque grave, que dieu te bénisses, son mari Amar et toute sa famille.

A la mémoire de mes grands-parents.

A mon grand-père maternel, je te souhaite une longue vie.

A mes oncles et mes tantes.

A toutes mes cousines en générale, a radia en particulier et son mari Hassan, ses petites anges Elina et léa ainsi qu'a toute sa famille

A tous mes proches de près ou de loin.

A mes amies wissam, amel, cylvia, samia, souhila, nadra, salma, lamia kenza sabiha.

Ouazna

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Liste d'abréviations

Listes de figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

Chapitre I. Généralités sur le yaourt

I.1. Historique.....3

I.2. Définition.....3

I.3. Matières premières et ingrédients.....4

I.3.1. Lait.....4

I.3.2. Lait en poudre.....4

I.3.3. Eau.....4

I.3.4. Sucre.....4

I.3.5. Agents texturants.....4

I.3.6. Fruits.....5

I.4. Les bactéries lactiques.....5

I.5. Technologie de fabrication.....5

I.5.1. Réception du lait.....5

I.5.2. Standardisation.....5

I.5.3. Homogénéisation.....6

I.5.4. Pasteurisation.....	6
I.5.6. Fermentation	6
I.5.7. Brassage.....	7
I.5.8. Refroidissement.....	7
I.5.9. Conditionnement et stockage.....	7
I.6. Type de yaourts.....	8
I.7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques.....	9

Chapitre II. Généralités sur la courge

II.1. Historique.....	12
II.2. Description générale.....	12
II.3. Classification botanique.....	13
II.4. Composition	14
II.5. Propriétés nutritionnelles.....	14
II.6. Propriétés thérapeutique.....	15
II.7. Autres.....	16

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1. Matériel et méthodes.....	17
2. Matériel végétale.....	17
3. Formulation du yaourt brassé à la pulpe de courge.....	19
4. Analyses physicochimiques.....	20
4.1. pH.....	22
4.2. Acidité titrable.....	22
4.3. Extrait sec totale.....	23
4.4. Taux d'humidité.....	23

4.5. Degré Brix.....	24
4.6. Taux de matière grasse.....	24
4.7. Ecoulement.....	25
4.8. Masse volumique et densité.....	25
5. Analyses spécifiques de l'eau de process.....	25
5.1. Détermination du titre hydrométrique.....	25
5.2. Détermination du taux de chlore Cl ₂	26
5.3. Détermination des chlorures Cl ⁻	27
5.4. Détermination de la conductivité.....	27
6. Autres analyses.....	28
6.1. Dosage de protéines.....	28
6.2. Taux de cendres.....	28
6.3. Extraction des composées phénoliques.....	28
6.4. Dosage phénols totaux.....	29
6.5. Dosage flavonoïdes.....	29
6.6. Dosage des caroténoïdes.....	30
6.7. Capacité de piégeage du radical DPPH [•]	30
7. Analyses microbiologiques.....	31
7.1. Germes totaux.....	33
7.2. Coliformes totaux.....	33
7.3. Coliformes thermo-tolérants (fécaux).....	33
7.4. Levures et moisissures.....	34
7.5. Salmonelles.....	34
7.6. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs CSR.....	35
7.7. Germes acidifiants.....	35
7.8. Germes aérobies.....	35
7.9. Rompe de filtration.....	36
7.10. Recherche d'antibiotiques.....	36
7.11. Test de fermentation.....	37
8. Etude du développement de la flore lactique lors de la conservation DLC.....	37
9. Etude sensorielle.....	38

Résultats et discussions

1. Analyses physicochimiques.....	41
-----------------------------------	----

1.1. Matières premières.....	41
1.2. Produit fini.....	44
1.3. Evaluation du pH et de l'acidité jusqu'à DLC.....	45
2. Autres analyses.....	46
2.1. Dosage de protéines.....	46
2.2. Taux de cendres.....	46
2.3. Dosages des phénols totaux.....	47
2.4. Dosage des flavonoïdes.....	47
2.5. Dosage des caroténoïdes.....	48
2.6. Capacité du piégeage du radical DPPH.....	48
3. Analyses microbiologiques.....	50
3.1. Matières premières.....	50
3.2. Semi fini.....	52
3.3. Produit fini.....	53
3.4. Evolution de la flore lactique jusqu'à DLC.....	54
4. Analyses sensorielles.....	55
Conclusion.....	62

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

Abs : Absence

AFNOR : Association Française de Normalisation

AGIR : Agroalimentaire Innovation Recherche

AOAC : International Association of Analytical Communities

BCP : Pourpre de Bromocrésol

BL : Bactérie Lactique

CSR : Clostridium Sulfito Réducteur

DLC : Date Limite de Consommation

DPPH : Diphenyl-2-Picryl-Hydrazyl

ED : Eau Distillée

EDS : Eau Distillée Stérile

EQ : Equivalent

ES : Extrait Sec

F: Fruit

FAO: Food and Agriculture Organization.

GA : Germe Acidifiant

GBIF: Global Biodiversity Information Facility

GEMRCN : Groupe d'étude des marchés de restauration collective et nutrition

ISO : International Standard Organisation

JORA : journal officielle république algérienne

MG : Matière Grasse

MP : Matière Protéique

N : Normal

NF : Norme Français

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PCA : Plate Count Agar

PDL : Poudre Du Lait

R et D : Recherche et Développement

SM : Solution Mère

UFC : Unité Formant Colonies

VF : Viande Foie.

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

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

Liste des figures

Figure 1: Diagramme de fabrication du yaourt brassé aux fruits (Mahaut et al., 2008).	8
Figure 2: Morphologie des parties de la courge musquée (<i>Cucurbita moschata</i> Duch). (a- fruit, b- fleur, c- feuille, d- tige, e- pédoncule, f- graines).	13
Figure 3: Photographies des étapes de la transformation de la courge au laboratoire R e D. (a- La courge utilisée, b- nettoyage, c- découpage, d- pesée, e- cuisson).....	17
Figure 4: Photographie de la pulpe de courge préparée F3.....	18
Figure 5: Processus de fabrication du yaourt brassé aux fruits à la laiterie SOUMMAM.....	20
Figure 6: Prélèvement de la pulpe de courge.	31
Figure 7: Prélèvement de la poudre du lait à 26% MG et de sucre.....	32
Figure 8: Photographie de la paillasse de l'évaluation hédonique.	39
Figure 9: Photographie de la cabine de dégustation de l'analyse sensorielle.	40
Figure 10: Variation du pH et de l'acidité dans le yaourt à la pulpe de courge en fonction des jours.	45
Figure 11: Teneurs moyennes en protéines des extraits de pulpe de courge, yaourt nature et yaourt brassé à la pulpe de courge.....	46
Figure 12: Taux de cendres de pulpes de courge, yaourt nature et yaourt à la pulpe de courge.	47
Figure 13: Teneurs en phénols totaux des extraits de pulpe de courge, yaourt nature et yaourt brassé à la pulpe de courge.....	48
Figure 14: Teneur en flavonoïdes dans la pulpe les extraits de pulpe de courge, yaourt nature sucré et yaourt brassé à la pulpe de courge F3).....	49
Figure 15: Teneurs en caroténoïdes des trois extraits.	49
Figure 16: Pourcentage d'inhibition des échantillons analysés.	50
Figure 17: Photographie du résultat du Delvo test sur la poudre du lait (a- milieuensemencé avant incubation, b- milieu viré après incubation).	53
Figure 18: Evolution de la flore lactique dans le yaourt élaboré en fonction du temps (DLC).	55
Figure 19: Pouvoir discriminant par descripteur.....	56
Figure 20: Corrélations entre des variables et des facteurs du panel experts.	57

Liste des tableaux

Tableau I: Taxonomie de la courge musquée (GBIF, 2021).	13
Tableau II: Composition nutritionnelle moyenne de la courge musqué (Dari et Yaro, 2016).	14
Tableau III: Ingrédients utilisés et mode de préparation de la pulpe de courge.....	18
Tableau IV: Proportions de la pulpe de courge incorporées aux yaourts.	19
Tableau V: Les analyses physicochimiques effectuées sur les matières premières et le produit fini.	21
Tableau VI: Les analyses microbiologiques effectuées sur les matières premières, semi fini et le produit fini.....	32
Tableau VII: Mode opératoire du dénombrement des germes totaux.	33
Tableau VIII: Mode opératoire du dénombrement des coliformes totaux.	33
Tableau IX: Mode opératoire du dénombrement des coliformes fécaux.	34
Tableau X: Méthode de recherche des levures et moisissures.....	34
Tableau XI: Mode opératoire du dénombrement des CSR.....	35
Tableau XII: Codage des échantillons à déguster.	38
Tableau XIII: Résultats de l'analyse physicochimique de la pulpe de courge F3.....	41
Tableau XIV: Résultats de l'analyse du lait cru par le Milko-scan.....	42
Tableau XV: Résultats de l'analyse physicochimique de la PDL 26%.....	43
Tableau XVI: Résultats de l'analyse physicochimique de l'eau de process.....	44
Tableau XVII: Résultats de l'analyse physicochimique du produit fini.	44
Tableau XVIII: Résultats de l'analyse microbiologique de la pulpe de courge.	51
Tableau XIX: Résultats de l'analyse microbiologique des matières premières (lait cru, PDL 26%, eau de process, sucre).	52
Tableau XX: Suivi de la qualité microbiologique du semi fini.	54
Tableau XXI: Résultats de l'analyse microbiologie de produit fini.....	54
Tableau XXII: Moyennes ajustées par produit.....	57

Introduction

Le lait et les produits laitiers sont hétérogènes tant du point de vue de leur composition que du point de vue de leur fabrication (Lecerf, 2018). Le yaourt est considéré comme le produit laitier le plus populaire car il a une valeur nutritionnelle élevée (Karnopp et *al.*, 2017).

La production et la consommation des yaourts est fortement augmentée avec l'introduction des yaourts sucrés aux fruits (Januário et *al.*, 2017). Cet ajout représente au minimum 5% de fruits, intégrés à une préparation qui peut être comparée à la confiture de fruits. Elle est ajoutée à des yaourts nature brassés, après les étapes de fermentation, brassage ou refroidissement (Charby et *al.*, 2017).

Les fruits, compte tenu de leur valeur nutritive, tiennent une place importante dans l'alimentation de l'homme. Ils apportent des sels minéraux et des vitamines dont l'organisme a besoin (Rakotovao, 2004). La connaissance de ces constituants permettrait aux consommateurs de choisir les aliments en fonction de leurs besoins alimentaires (Dari et Yaro, 2018).

Parmi ces fruits, la courge musquée (*Cucurbita moschata dush*) au même titre que le concombre et la tomate, mais comme eux, elle est consommée comme un légume (Lebeda et *al.*, 2007). Elle appartient à la famille des cucurbitacées, mais cette espèce gagne en préférence en raison de sa maturité précoce, de sa couleur orange attrayante pour les producteurs, les commerçants et les consommateurs (Dari et Yaro, 2016).

Originaire des Amériques, Le terme « courge » vient d'un mot amérindien décrivant une courge comestible (Balkaya et Kandemir, 2015).

Les fruits de courge sont été appréciés pour leur goût sucré, leurs textures douces, leurs faibles teneurs en calories et leurs nutrition abondante (Zhou et *al.*, 2017). Elles sont particulièrement précieuses en raison de leurs richesses en vitamines C, E, B6, K, thiamine et riboflavine, ainsi qu'en minéraux comme le potassium, le phosphate, le magnésium, le fer et le sélénium (Assous et *al.*, 2014).

La production de courges musquées s'est considérablement améliorée en Afrique (Dari et Yaro, 2016) dont l'Algérie est classé le 19ème pays reproducteur de courge dans le monde, selon la classification d'Atlas Big, avec une production de 271,054 tonnes par an. Cependant, la Chine est le plus grand producteur de citrouille au monde avec 7 838 809 tonnes de volume de production par an.

Compte tenu de leur valeur nutritionnelle et de leurs faibles coûts de production, les courges ont un grand potentiel pour industrialisation. Il existe une gamme de produits qui

peuvent être développés à partir de courges, offrant aux consommateurs des aliments qui ont une longue durée de conservation et une bonne valeur nutritionnelle (Provesi, 2015).

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif de notre travail qui consiste à élaborer un nouveau yaourt brassé à la pulpe de courge. Notre contribution dans de cette présente étude est d'évaluer l'effet de l'incorporation de ce grand fruit dans un yaourt c'est-à-dire ses caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

Ce présent travail est composé de deux grandes parties :

- La première partie destinée à la synthèse bibliographique sur les généralités du yaourt et de la courge musquée.
- La deuxième partie expérimentale qui comporte deux volets : un sur la description des étapes de formulation de la pulpe de courge et du produit fini (yaourt brassé à la pulpe de courge, ainsi que la méthodologie suivie (analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles) et le deuxième englobe l'interprétations des résultats obtenus.

Cette étude s'achève par une conclusion.

Synthèse

bibliographique

Chapitre I. Généralités sur le yaourt

I.1. Historique

Les laits fermentés seraient apparus à l'époque néolithique (6000 ans avant J.C). Ils étaient consommés en Mésopotamie, en Palestine et en Égypte, mais il n'existe pas de preuves directes de cette consommation. Plus tard, au premier siècle après J.C, Pline l'Ancien fait mention de leur production par les tribus barbares « qui savent épaissir le lait en une matière d'une agréable acidité » et cite ce produit « comme étant d'essence divine et comme remède à de nombreux maux » (Bourlioux et *al.*, 2011).

Cet effet bénéfique des laits fermentés était certainement connu depuis longtemps, puisque le roi François I^{er} fut guéri d'une infection intestinale par du yoghourt apporté par un médecin dépêché par le Grand Turc (Chamba, 2009).

Ensuite en 1896, Elie Metchnikov arrive à l'Institut Pasteur et découvre les propriétés bienfaites des bactéries lactiques sur la santé humaine. C'est ainsi, que dès 1906, était commercialisé en France un lait caillé avec des cultures pures de bactéries lactiques (Chamba, 2009).

L'appellation des yaourts varie d'une région à une autre. Mais ce n'est qu'en 1925, que les mots « yaourt » ou « yoghourt » ont fait leurs entrées officielles dans le *Petit Larousse*. Le premier est d'origine grecque, le second est d'origine turque (yoghourt) (Bourlioux et *al.*, 2007). Dont le terme « yoghourt » ou « yoğurt » est dérivé du verbe « yoğurmak » qui signifie « épaissir, cailler, coaguler ».

I.2. Définition

Selon la Législation Française (article 8 du décret n° 63-695) « la dénomination yaourt ou yoghourt est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouvent vivantes dans le produit a raison d'au moins 10^7 bactéries, la quantité d'acide lactique libre ne doit pas être inférieure à 0,6 gramme pour 100 gramme lors de la vente au consommateur ».

D'après l'Union européenne, l'appellation « yaourt » ne peut être attribuée qu'aux produits dont la fermentation a été réalisée grâce à des ferments spécifiques lactiques : *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*.

En effet, un lait fermenté est un produit laitier préparé avec des laits écrémés ou non, enrichis ou non en constituants du lait, ayant subi un traitement thermique ou moins équivalent à la pasteurisation (Bourlioux et *al.*, 2011).

I.3. Matières premières et ingrédients

I.3.1. Lait : c'est la matière première indispensable à la production des yaourts, il est issu de la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40 °C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent. Ce lait n'a donc subi aucun traitement autre que la réfrigération mécanique immédiate après la traite à la ferme (règlement (CE) n°853/2004). Le lait cru peut être écrémé, il n'est ni standardisé, ni homogénéisé. Sa composition chimique peut varier en quantité en fonction de l'animal, de la période, de l'alimentation (Renard, 2014).

I.3.2. Lait en poudre : Appelé aussi poudre de lait, lait déshydraté, lait évaporé ou lait à dissolution instantanée. C'est un produit solide obtenu par élimination de l'eau du lait entier, du lait entièrement ou partiellement écrémé, de la crème ou d'un mélange de ces produits, et dont la teneur en eau n'excède pas 5 % en poids du produit fini. On distingue les laits en poudre suivants (Anonyme 1)

- Le lait en poudre riche en matières grasses : lait déshydraté contenant, en poids, au moins 42 % de matières grasses.
- Le lait en poudre entier : lait déshydraté contenant, en poids, au moins 26 % et moins de 42 % de matières grasses.
- Le lait en poudre partiellement écrémé : lait déshydraté dont la teneur en matières grasses est, en poids, supérieure à 1,5 % et inférieure à 26 %.
- Le lait en poudre écrémé : lait déshydraté contenant, en poids, au maximum 1,5 % de matières grasses.

I.3.3. Eau : C'est la matière première dans tous les types de produits laitiers reconstitués et recombinés. Il doit être de bonne qualité potable, exempt de micro-organismes pathogènes et d'une dureté acceptablement faible (Bylund, 1995).

I.3.4. Sucre : Généralement il est constitué de saccharose cristallisé ou sous forme de dés (Hamsi, 2008). L'ajout du sucre augmente la palatabilité et l'appréciation du yaourt et serait donc en faveur d'une consommation plus régulière de ce type de produits (Saint-Eve et *al.*, 2017).

I.3.5. Agents coagulants : Dans le cas des yaourts brassés sans matière grasse, des agents de texture (épaississants ou gélifiants) sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence, la viscosité et la consistance des yaourts. Les additifs les plus fréquemment utilisés sont : la gélatine, les alginates, les celluloses, les amidons, et les pectines (Amellal-Chibane, 2008).

I.3.6. Fruits : Les fruits dans les yaourts sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Des agents de texture, incorporés dans la préparation de fruits, participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (Vignola, 2002).

I.4. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques (BL) sont largement impliquées dans la fabrication de produits laitiers fermentés du fait de leurs activités métaboliques particulières (Savadogo, 2011). L'appellation des bactéries lactiques est due au fait qu'elles produisent principalement de l'acide lactique par le catabolisme du lactose. Elles se trouvent sous forme de coques ou de bâtonnets, ces bactéries Gram-positif ne produisent pas de spores, sont habituellement non mobiles et ont des besoins de croissance importants (Enyoh Forkwa, 2017).

Streptococcus thermophilus est une bactérielactique d'importance économique majeure provenant des produits laitiers (Savadogo, 2011). C'est une bactérie homofermentaire, anaérobie aérotoleante, dont la température optimale de croissance se situe entre 37°C et 42°C. Le rôle de *S. thermophilus* dans la fermentation du lait consiste à la conversion rapide du lactose en acide lactique, entraînant une diminution rapide du pH. Cette acidification engendre la précipitation des caséines provoquant la coagulation du lait. Elle est toujours employée en co-culture avec *Lactobacillus bulgaricus* (Jameh, 2012).

I.5. Technologie de fabrication

I.5.1. Réception du lait : Le lait frais, collecté au plus tard 72h après la traite, arrive en camion-citerne réfrigéré à l'unité de production. Il est contrôlé lors de la réception, pompé et filtré pour éliminer les résidus solides (paille, feuilles, terre) puis stocké à froid (<5°C) dans des tanks stériles. Il s'agit de cuves en inox de grand volume (jusqu'à 100 000 L) (Amrouche, 2012). Une légère thermisation à 60-65°C, au moyen d'un échangeur à plaques, peut être appliquée si le lait est stocké plus d'une journée à l'usine (Amrouche, 2012).

I.5.2. Standardisation : La composition moyenne du lait peut varier selon la race, l'alimentation, et le stade de lactation de l'animal. En fabrication de yaourt, le lait doit être

standardisé en matières grasses, enrichi en protéines, et éventuellement sucré, pour répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques des produits (Hamsi, 2008).

- **Standardisation en matière grasse MG :** La teneur en matière grasse du lait cru varie entre 3,8 et 4,2 %. La teneur en matière grasse des yaourts du commerce sont comprises entre moins de 1 % à 3,5 %. Il est donc nécessaire de standardiser le lait de fabrication à la teneur en matière grasse souhaitée pour le produit fini. Pour cela, le lait est tout d'abord écrémé, puis mélangé avec la crème dans les proportions souhaitées (Amrouche, 2012).
- **Standardisation en protéines :** Le lait standardisé en matière grasse doit être enrichi en protéines laitières pour former un yaourt consistant et exempt de synérèse. Les quantités de protéines ajoutées sont variables et dépendent de la texture recherchée (yaourt à boire, yaourt ferme, yaourt brassé...). Les taux protéiques finaux sont compris entre 3,2 et 5 %. L'enrichissement du lait en protéines par de la poudre de lait écrémé (0% ou 26%) ou du lait concentré est la technique la plus largement répandue dans l'industrie (Amrouche, 2012).
- **Sucrage du yaourt :** Le lait peut être additionné de sucre avant la fermentation. Cette addition conditionne le choix des ferments, car certaines souches sont sensibles à la diminution de l'activité de l'eau qui résulte de cette opération. Parfois, le sucre est apporté en deux fois, une partie avant la fermentation, une partie après, pour ne pas ralentir l'acidification. Le sucre est généralement constitué de saccharose, cristallisé ou sous forme de dés (Hamsi, 2008).

I.5.3. Homogénéisation mécanique : est un traitement industriel qui vise principalement à stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait, afin d'éviter la séparation de la crème par gravité (Vignola, 2002), et améliore la rétention de l'eau et la fermeté du produit fini (Mahaut et al., 2000).

I.5.4. Pasteurisation : Le lait standardisé subit un traitement thermique (pasteurisation) d'une température de 95°C pendant 5 minutes, qui vise à réduire la charge microbienne et surtout à améliorer la texture du yaourt (viscosité, capacité de rétention d'eau) (Amrouche, 2012).

I.5.5. Fermentation : Le lait pasteurisé estensemencé après avoir été préalablement refroidi et maintenu à une température de 43°C qui est la température optimale de croissance des bactéries lactiques (Burillard et al, 2016). Cette étape a pour but d'atteindre une acidité de 70-

80°D pour le yaourt étuvé (en pot), et de 100- 120°D pour le yaourt brassé (en cuve) (Mahaut et *al.*, 2000).

I.5.6. Brassage : Dans le cas du yaourt brassé lorsque l'acidité est atteinte (pH 4.6) un brassage est effectué par de différents techniques (lamellation du cailler par passage au travers d'un filtre ou d'un tamis, agitation mécanique) permet d'améliorer l'onctuosité du produit et de réduire la synérèse (Mahaut et *al.*, 2000).

I.5.7. Refroidissement : Il est réalisé au moyen d'un échangeur à plaque, tubulaire ou à surface raclée à une température de 2-5°C (Mahaut et *al.*, 2000).

I.5.8. Conditionnement et stockage : Le yaourt brassé est mis en pots de 100g qui sont thermo-scellés et operculés en aluminium. L'addition éventuelle d'arôme et pulpe de fruits, ...etc., se fait au moment du remplissage des pots ainsi que l'addition du sucre, et peuvent se faire avant l'incubation à condition de ne pas dépasser 6% (Codex alimentarius).

Les recommandations de la FAO/OMS pour les yaourts aux fruits sont une teneur en fruits comprise entre 5 et 15% (Ayar et Gürlin, 2014).

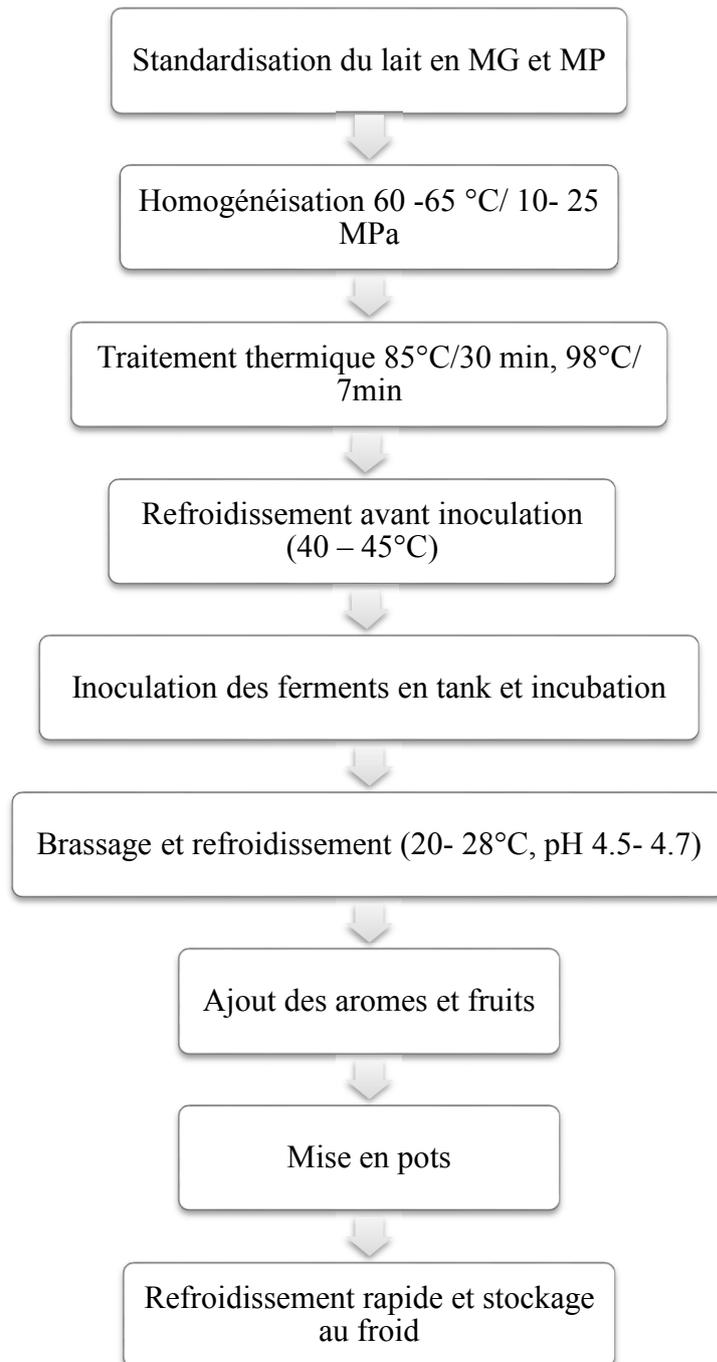


Figure 1: Diagramme de fabrication du yaourt brassé aux fruits (Mahaut et *al.*, 2008).

I.6. Type des yaourts :

Les yaourts sont classés de différentes manières selon la proportion de la matière grasse, la technique de production, l'arôme et les procédures après incubation (Ayar et Gürlin, 2014). Selon la technologie de fabrication, il existe 3 types de yaourts de différentes textures :

- **Le yaourt « ferme »** : L'ensemencement du lait se fait directement dans les pots, lesquels passent dans une étuve à 42°C – 44°C pendant environ trois à cinq heures, dans des conditions favorables au développement des bactéries lactiques qui se multiplient par millions et digèrent une partie du lactose, en produisant de l'acide lactique.
- **Le yaourt « brassé »** : La fermentation se déroule dans des cuves. Le caillé obtenu est brassé, puis refroidi, avant d'être conditionné et stocké en chambre froide.
- **Le yaourt « à boire »** : Il a une texture liquide pour être consommé comme boisson. Il est fabriqué comme un yaourt brassé et conditionné en bouteilles.

Selon le taux de matière grasse :

- Yaourts maigre à moins de 1 % de matière grasse.
- Yaourts nature à 1 % de matière grasse
- Yaourts au lait entier à 2 à 3 % de matière grasse

D'autres variétés de yaourts sont classés selon l'adjonction d'ingrédients (morceaux ou pulpe de fruits, miel, confitures, arômes...) se fait avant ou après la fermentation.

I.7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques :

- ✓ **La protection contre les troubles gastro-intestinaux** : Chez l'homme, les principales sources alimentaires de probiotiques sont les produits laitiers fermentés : yaourts, laits fermentés, fromages. Un yaourt contient ainsi au moins 10 millions de bactéries (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*) (Rizzoli, 2020). Plusieurs études ont souligné un effet thérapeutique favorable des bactéries lactiques dans le yaourt sur la santé intestinale. Il a été prouvé cliniquement que certaines maladies liées au tractus gastro-intestinal, telles que l'intolérance au lactose, la diarrhée, le cancer du côlon, les maladies inflammatoires de l'intestin et autres infections bactériennes sont inhibées par la consommation élevée de yaourt (Nagendra Shah, 2013).
- ✓ **Amélioration de la digestion du lactose** : Les bactéries lactiques du yaourt assurent une bonne digestion du lactose dans le tube digestif.
- ✓ **Diminution des risques du cancer** : Une étude a montré que la consommation de yaourt (85 g/jour chez les hommes et 98 g/jour chez les femmes) diminue le risque de cancer colorectal (Anne-Claire, 2021).

- ✓ **Apport calcique :** Les produits laitiers sont une source majeure de calcium, seule catégorie d'aliment à pouvoir contribuer aisément à des apports suffisamment élevés (Lecerf, 2010). Ce qui rendrait compte d'un effet bénéfique du calcium et du calcium laitier sur le risque d'accident vasculaire cérébral (Lecerf, 2010). Le calcium jouerait aussi un rôle sur l'effet favorable des produits laitiers sur le poids en réduisant l'absorption des lipides, mais également en réduisant l'expression de la fatty acid synthase (Lecerf, 2010).
- ✓ **Apport protéique :** Les protéines du lait sont la plus grande source de peptides fonctionnels, les produits laitiers fermentés en sont une source majeure car certaines souches ont une activité protéolytique et peuvent ainsi les produire à partir des caséines et des globulines. Ils ne sont pas dégradés par les enzymes intestinales. Le lait contient ainsi de très nombreux peptides fonctionnels qui exercent des effets multiples : antihypertenseur, inhibiteur de l'enzyme de conversion, de l'angiotensine II, antioxydant et anticoagulant (Lecerf, 2010).
- ✓ **Diminution du risque du diabète :** La consommation de produits laitiers est associée à une diminution du risque de syndrome métabolique diabète de type 2, cardiopathies ischémiques et accident vasculaire cérébral (Lecerf, 2020).
- ✓ **Santé osseuse :** Les produits laitiers qui associent calcium et protéines exercent des effets bénéfiques sur l'accumulation du capital osseux au cours de la croissance. Les produits laitiers diminuent le remodelage osseux à l'âge adulte (Rizzoli, 2020). Chez l'adulte, la consommation de produits laitiers fermentés diminue la perte osseuse liée à l'âge (Rizzoli, 2020). Le calcium contenu dans les yaourts et les laits fermentés présente une meilleure biodisponibilité que celui du lait. Différents travaux ont montré qu'il est mieux absorbé et utilisé dans le yaourt que dans le lait (Hamsi, 2008). Il pourrait modifier le micro-biote en favorisant la prolifération de lactobacilles (Rizzoli, 2020). La consommation de yaourt est bénéfique à la santé osseuse et aux capacités physiques (Rizzoli, 2020). La diminution du risque d'ostéoporose de 40% chez les femmes et 50% chez les hommes (Rizzoli, 2020). Les produits laitiers, en particulier ceux fermentés pourraient être associés à un risque de fracture de hanche diminué (Rizzoli, 2020). La consommation de yaourt était associée à une réduction de 26% du risque de fracture de hanche (Rizzoli, 2020). Chez des femmes en bonne santé âgées de 65ans, la perte d'os corticale du squelette périphérique était inversement proportionnelle à la consommation de yaourts (Rizzoli, 2020).

- ✓ **Amélioration des fonctions cérébrales :** Une étude expérimentale chez des femmes en bonne santé a montré que la consommation des produits laitiers fermentés pendant 4 semaines, modifie l'activité cérébrale (Anne-Claire, 2021).
- ✓ **Effet sur la pression artérielle :** Une étude a montré qu'une alimentation riche en fruits et légumes et en produits laitiers écrémés a diminué la pression artérielle systolique et la pression artérielle diastolique, effet renforcé par la réduction de sodium. Cinquante pour cent de cet effet est attribué à la consommation des produits laitiers (Lecerf, 2010).

Chapitre II. Généralités sur la courge**II.1. Historique :**

La citrouille (courge d'hiver) est originaire d'Amérique, elle a été cultivée par les anciennes civilisations d'Amérique centrale et du Sud, il y a plus de 7 000 ans (Balkaya et Kandemir, 2015). Avant le contact européen (c'est-à-dire avant 1492 de l'ère commune), divers *Cucurbita* étaient un pilier de l'agriculture amérindienne traditionnelle. Suite au contact européen, les espèces de *Cucurbita* ont été disséminées dans le monde entier et cultivées sur d'autres continents (AOAC, 1998).

Le nom de « Cucurbitacées » vient du latin, où le mot « Corbis » signifie une bouteille ou un panier (Rolnik et Olas, 2020). Le genre *Cucurbita* est bien connu pour ses espèces cultivées qui sont appelées en anglais par les noms squashes, pumpkins, marrows et gourds, et en espagnol ils sont communément connus sous les noms de calabazas et zapallos. D'autres noms ont été donnés aux espèces de *Cucurbita* dans divers pays où ces espèces ont été adoptées dans l'agriculture locale, par exemple en français, citrouille, courgette et potiron (AOAC, 1998).

Il convient de noter que les descripteurs couramment utilisés tels que « citrouille » ou « courge » s'appliquent largement aux morphotypes de tous les *Cucurbitas* cultivés, tout comme le terme « calebasse ». Ainsi, le terme « citrouille » est appliqué à certains fruits de *C. maxima* et à certains fruits de *C. moschata*, *C. argyrosperma* et *C. pepo*, et le terme « courge » est appliqué à certains fruits de *C. pepo* ainsi qu'à certains fruits de *C. maxima*, *C. moschata* et *C. argyrosperma* (AOAC, 1998).

II.2. Description générale

La famille des cucurbitacées est représentée par plus de 118 genres et 845 espèces qui poussent dans les régions tropicales, tempérées et chaudes (Habte, 2019). Cependant, le genre *Cucurbita* comprend plusieurs espèces, dont les 5 espèces les plus domestiquées et les plus importantes économiquement sont : *Cucurbita argyrosperma*, *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita mostacha* et *Cucurbita pepo* et 10 espèces sauvages (Blanco-Díaz et al., 2015). Cette famille (*Cucurbitaceae*) se caractérise par des tiges herbacées et anguleuses, généralement traînantes ou grimpant à travers les vrilles, les feuilles sont généralement lobées ou divisées, réticulées et nervurées palmées avec un pétiole long et creux. Les tiges et les feuilles sont pleines de sève juteuse. En raison du stockage de l'eau et de la nourriture, les

racines et les branches s'épaississent. Les fleurs sont pour la plupart blanches ou jaunes et généralement unisexuées. Ses fruits sont doux, particulièrement indéhiscent et souvent énorme, de taille ronde, avec des variations de forme, de taille et de couleurs dans différentes espèces de cette famille (Rolnik et Olas, 2020). Les parties de la *C. moschata* sont illustrées dans la figure 2.



Figure 2: Morphologie des parties de la courge musquée (*Cucurbita moschata duch*). (a- fruit, b- fleur, c- feuille, d- tige, e- pédoncule, f- graines).

II.3. Classification botanique :

La classification taxonomique de l'espèce *Cucurbita moschata duchesne* indiquée dans le tableau I est donné par GBIF, (2021) .

Tableau I: Taxonomie de la courge musquée (GBIF, 2021).

Royaume	Plantae- plantes, végétal
Division	Tracheophyta- plantes vasculaires, trachéophytes.
Subdivision	Spermatophytina- spermatophytes, plantes à graines.
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitacées
Genre	<i>Cucurbita</i> L.- gourde
Espèce	<i>Cucurbita moschata</i> Duchesne- courge musquée, courge d'hiver.

II.4. Composition :

Le tableau suivant représente les principaux composants de la courge musquée non cuite.

Tableau II: Composition nutritionnelle moyenne de la courge musquée (Dari et Yaro, 2016).

Composants	Teneur moyenne (g/100g)
Protéines brute	0.86
Lipides	0.13
Fibre brute	1.45
Cendre	9.90
Glucides	5.51
Teneur en humidité	82.15
Vitamine C (mg/100g)	15.33

II.5. Propriétés nutritionnelles :

Chaque partie de la plante de courge musquée peut être consommée, y compris les feuilles et les pousses tendres, qui peuvent être cuites en omelettes ou en soupes (Dari et Yaro, 2016), ainsi que la chair de la citrouille peut être utilisée en sirop, confiture, gelée et purées. Les graines de courge peuvent être broyées en poudre et mélangées à des céréales pour faire du pain ou, après torréfaction, peuvent être consommées comme collation (Vera et al., 2011).

C'est une bonne source de nutriments tels que les caroténoïdes, K, vitamines B2, C et E, ayant une faible teneur énergétique et une grande quantité de fibres (Gliemmo, 2008).

La pulpe de citrouille est peu calorique, selon son espèce, ne contenant que de 15 à 25 kcal pour 100 g. En raison de cela, les citrouilles ont une nutrition diététique abondante et elles sont devenues un légume favorable des aliments minceur (Zhou et al., 2017).

Les citrouilles de couleur orange ou rouge sont particulièrement précieuses en raison de leur quantité abondante de caroténoïdes dans sa pulpe, y compris la lutéine, le b-carotène et la viola-xanthine (Zhou et al., 2017).

Les citrouilles constituent une source précieuse de caroténoïdes et d'acide ascorbique qui joue un rôle majeur dans la nutrition en tant qu'antioxydant sous forme de provitamine A et de vitamine C, B1, B3, B5 et B6 (Balkaya et Kandemir, 2015).

La courge d'hiver est faible en calories, une bonne source de glucides végétaux complexes et de fibres alimentaires. C'est également une source de niacine, de fer, manganèse, Mg, K (Balkaya et Kandemir, 2015).

La courge est une excellente source de fibre et de pectine qui est un polysaccharide largement utilisé dans l'industrie alimentaire et qui peut être extrait de la pulpe de citrouille (Provesi, 2015).

La citrouille est un légume sain et fonctionnel, étant riche en composés phénoliques, flavonoïdes et vitamine, et ayant une faible énergie (Assous et *al.*, 2014).

Certains caroténoïdes, tels que β - carotène et α - carotène, sont des précurseurs de la vitamine A, une vitamine liposoluble qui est importante pour la croissance et le développement normaux du corps humain (Provesi, 2015).

Les caroténoïdes sont actuellement les pigments les plus utilisés dans l'industrie alimentaire en tant qu'ingrédients alimentaires fonctionnels ou colorants (Shi, 2009).

II.6. Propriétés thérapeutiques :

La courge est un légume très appréciée pour sa teneur en composés liés à la santé, tels que :

La teneur en cendres indique la teneur en minéraux de la courge musquée comme le bêta-carotène qui confirme le fait que les espèces végétales sont de bonnes sources de minéraux (FAO, 1968). Le corps humain convertit le bêta-carotène en vitamine A (rétinol), pour une peau et des muqueuses saines, une santé immunitaire et une bonne santé oculaire et visuelle (Dari et Yaro, 2016). Les caroténoïdes et autres composés phénoliques qui contribuent à la capacité antioxydant. La consommation de caroténoïdes diminue le risque de maladies dégénératives et cardiovasculaires, de cataractes ainsi que de certains types de carcinomes (García-Parra et *al.*, 2016). Les caroténoïdes peuvent protéger les organes et les tissus du corps contre les dommages causés par les radicaux libres. Les dommages oxydatifs sont toujours liés au cancer, au vieillissement prématuré, aux cataractes, à la dégénérescence musculaire liée à l'âge, à l'athérosclérose et à une série d'autres maladies dégénératives (Zhou, 2017).

Des études ont montré qu'un régime riche en citrouille pouvait réduire le glucose sanguin. De même, elles ont montré que les polysaccharides actifs du fruit de la citrouille pouvaient manifestement augmenter les niveaux d'insuline sérique et réduire les niveaux de glucose dans le sang, donc elle peut être développée comme un nouvel agent antidiabétique (Assous et *al.*, 2014).

En Amérique indigène, les cucurbitacées étaient utilisées en médecine traditionnelle pour traiter les affections urinaires et les vers intestinaux (Rolnik et Olas, 2020).

En outre, des études récentes ont également signalé la présence de polysaccharides ayant une activité biologique, telle que la capacité d'augmenter les taux sériques d'insuline et de réduire la glycémie, montrant une utilisation potentielle dans le contrôle du diabète. (Provesi, 2015).

Hou et *al.*, (2008) ont démontré l'activité anticancéreuse de *Cucurbita moschata* contre les cellules leucémiques humaines K562, les cellules de mélanome murin B16 et les cellules d'adénocarcinome pulmonaire A549 dans un modèle *in vitro* en utilisant un test MTT standard. Les composés isolés de la *Cucurbita moschata* peuvent inhiber la croissance des tumeurs cellulaires en agissant comme une protéine inactivant les ribosomes (Hou et *al.*, 2008., Rolnik et Olas, 2020).

Les extraits de citrouille ont efficacement inhibé la croissance de *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, et *Bacille subtilis* (Rolnik et Olas, 2020).

II.7. Autres :

En Amérique latine, la courge occupait une place prépondérante dans l'alimentation, elle était également présente dans de nombreux aspects de la vie quotidienne comme instrument de musique (maracas, tambour, flûte), récipient (gourde saladier, bol), ustensile de cuisine (passoire, louche), matériel de pêche (flotteur pour filet), objet artisanal ou culturel (boîte, pipe, masque, sculpture), jouet (hochet).

Partie

expérimentale

Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau de la laiterie SOUMMAM située à Akbou (Annexe 1), dans le but d'élaborer un yaourt brassé à la pulpe de courge musquée, ainsi que d'étudier ses caractéristiques physico-chimique, microbiologique et sensorielle.

1. Matériel et appareillage (voir Annexe 2)

2. Matériel végétal

➤ Préparation de la pulpe de courge :

La courge musquée (*Cucurbita moschata*) utilisée a été obtenue auprès d'un agriculteur au niveau de la Wilaya de Jijel, le 20/04/2021. Au sein du laboratoire recherche et développement (R et D) de la laiterie Soummam. La courge (Figure 3a) a été lavée sous l'eau froide et les parties non comestibles ont été éliminées, la chair a été découpée en cubes, pesée et divisée en 3 quantités semblables, avant d'être cuites pour préparer 3 préparations avec du sucre, eau et jus de citron selon les proportions indiquées dans le Tableau III. Les échantillons préparés sont conservés dans des pots en verre stérilisés hermétiquement fermés et conservés dans une chambre froide à une température de l'ordre de 4- 6°C.



Figure 3: Photographies des étapes de la transformation de la courge au laboratoire R e D.
(a- La courge utilisée, b- nettoyage, c- découpage, d- pesé, e- cuisson).

Tableau III: Ingrédients utilisés et mode de préparation de la pulpe de courge.

Ingrédients	Quantité		
Chair de la courge	70%		
Sucre	0%	10%	20%
Eau	27%	17%	7%
Jus de citron	3%		
Cuisson et broyage	Environ 30 min jusqu'à pasteurisation à 95°C		
Conservation	Dans la chambre froide à une température de 4- 6 °C		
Nom de la préparation	F1	F2	F3

**Figure 4:** Photographie de la pulpe de courge préparée F3.

Après avoir préparé la pulpe de courge à différentes proportions de sucre et d'eau, un test organoleptique est effectué afin de choisir la bonne préparation ayant les meilleurs critères d'appréciation (couleur, gout, texture). D'après le test de dégustation préliminaire, la préparation F3 a été la plus appréciée (Figure 4). Suivi de la préparation F2, la préparation F1 a été écartée.

3. Formulation du yaourt brassé à la pulpe de courge

La masse blanche (yaourt brassé) a été formulée au sein de la laiterie SOUMMAM selon les étapes du processus de fabrication de l'entreprise (Figure 5). L'incorporation du fruit préparé a été réalisée au niveau du laboratoire des analyses microbiologiques, dans des

conditions hygiéniques strictes pour éviter la contamination du produit. Les préparations F2 et F3 ont été ajoutées selon les proportions indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV: Proportions de la pulpe de courge incorporées aux yaourts.

Produit fini	A	B	C	D (Témoin)
Masse blanche (yaourt brassé)	85%	90%	85%	100%
Pulpe de courge	15% F3	10% F3	15% F2	

Le yaourt brassé à la pulpe de courge noté A (15%F3) a été utilisé pour la détermination des paramètres physicochimique et microbiologique du produit fini.

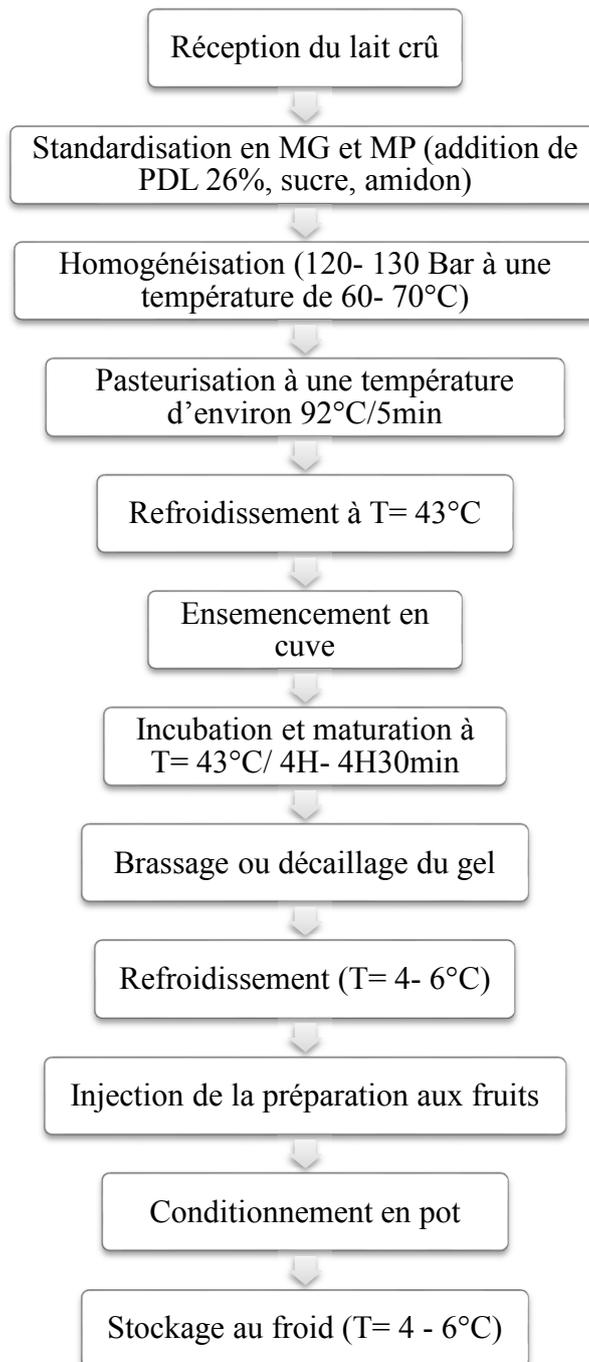


Figure 5: Processus de fabrication du yaourt brassé aux fruits à la laiterie SOUMMAM.

4. Les analyses physicochimiques

Les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire physicochimique suivant le manuel de la laiterie SOUMMAM. Les paramètres physicochimiques recherchés pour les ingrédients de la production du yaourt à la pulpe de courge et le produit fini sont indiqués dans le tableau suivant :

Remarque : Le lait cru est analysé avec le Milko-Scan FT1.

Tableau V : Les analyses physicochimiques effectuées sur les matières premières et le produit fini.

Echantillons Paramètres		Matières premières				Produit fini
		Pulpe de courge	Lait cru	PDL	Eau de process	
pH		×	×	×	×	×
Acidité °D		×	×	×		×
EST %		×				×
Taux d'humidité %			×	×		
ESR (°Brix)		×				×
MG %			×	×		×
MP %			×			
Écoulement (cm/min)		×				
Masse volumique (g/ml)				×		
Densité		×	×			×
Recherche d'antibiotiques			×	×		
Test de fermentation				×		
Dosage des protéines		×				×
Taux de cendres		×				×
Dosage des antioxydants	Caroténoïdes	×				×
	Phénols totaux					
	Flavonoïdes					
	% inhibition					
TH (°F)					×	
Dosage Cl ⁻ (mg/l)					×	
Dosage Cl ₂ (mg/l)					×	
Conductivité (μS/cm)					×	

× : analyse effectuée.

4.1. pH

Le potentiel hydrogéné permet de déterminer la concentration en ions H^+ dans une solution. Plus une solution est acide, plus elle contient d'ions H^+ (Cliquet, 2015).

D'après la méthode d'AOAC publiée en 1998, le pH est mesuré par pH-mètre (Hanna instrument) et préalablement étalonné. La température de l'échantillon doit être comprise entre 20- 25°C. La valeur du pH de l'échantillon s'affiche directement sur l'écran.

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

Le pH des matières premières et produit fini est mesuré par différentes méthodes :

- **La pulpe de courge :** Dans un bécher gradué, peser 10g de la pulpe de courge ayant une température comprise entre 20 – 25°C, ajuster avec l'eau distillée jusqu'à 100ml, et homogénéiser. Ensuite introduire l'électrode du pH-mètre dans le mélange, notre valeur s'affiche sur l'écran du pH-mètre.
- **PDL (26%) :** Peser 10g de poudre de lait dans un bécher, et ajuster jusqu'à 100ml avec l'eau de process. Immerger les sondes du pH-mètre dans le lait reconstitué ayant une température environ 20°C.
- **Eau :** Rincer les sondes du pH-mètre avec de l'eau de process, ensuite immerger-les dans un flacon de l'eau à analyser.
- **Produit fini (yaourt à la courge) :** Introduire 10 ml du yaourt brassé prélevé à l'aide d'une seringue dans un bécher de 10ml puis immerger l'électrode du pH-mètre. et lire le résultat affiché sur l'écran.

4.2. Acidité titrable

L'acidité est exprimée en degré Dornic (°D) qui quantifie en particulier l'acide lactique présent dans les produits laitiers. Cet acide lactique est libéré par les ferments lactiques lors de la fermentation du yaourt. C'est cette molécule qui rend le pH du yaourt acide. 1°Dornic = 0,1 g d'acide lactique par litre (Cliquet, 2015).

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

- **La pulpe de courge :** Utiliser le même échantillon préparé pour la mesure du pH, titrer directement le mélange avec une solution NaOH (0.1N) jusqu'au virage à pH = 8,10. L'acidité (taux d'acide citrique) est le volume de la chute de burette multiplié par 0,064.

- **PDL (26%)** : Peser la quantité exprimée par la formule de prise d'essai.

$$\text{Prise d'essai} = \frac{500}{100 - (\text{TH} + \text{MG})}$$

D'où : TH : taux d'humidité de PDL en %.

MG : taux de matière grasse de PDL en %.

Préparer le lait reconstitué, en ajoutant 50ml d'eau distillée à la prise d'essai et agiter, ensuite titrer le lait ayant une température d'environ 20°C avec la solution NaOH (0.1N), en immergeant les sonde du pH-mètre jusqu'à l'obtention d'un pH de 8.4, noter la chute de la burette. L'acidité titrable = 2×Volume de la chute de la burette

- **Produit fini (yaourt à la courge)** : Prélever 10ml du yaourt brassé à la pulpe de courge à l'aide d'une seringue, ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine (1%), ensuite titrer avec une solution de soude NaOH (1/9N) en immergeant l'électrode du pH-mètre jusqu'à atteindre un pH de 8,30. L'acidité Dornic = la chute de burette ×10.

4.3. Extrait sec totale

L'EST représente la perte de masse du produit lors d'une dessiccation à une température de 105 °C (Kasamba Ilunga et *al.*, 2019).

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

Avant de mesurer, 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 qui se trouve à l'intérieur de la chambre chaude du dessiccateur et dépose environ 4g de l'échantillon et l'étaler à l'aide d'une spatule. Fermer le couvercle de l'appareil et démarrer l'analyse. Le résultat va être affiché en pourcentage sur l'écran du dessiccateur.

4.4. Taux d'humidité

L'humidité est la quantité de vapeur que contient un corps, elle est déterminée par dessiccation à 103±2 °C, d'une quantité déterminée de produit jusqu'à une masse constante (Makambala N'deke, 2012)

➤ **Mode opératoire (Voir mode opératoire EST)**

4.5.Degré Brix

Le degré Brix exprime le pourcentage des solides solubles contenus dans un échantillon en solution, le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, sels, protéines et les acides (Messaid, 2008).

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

Ce paramètre est recherché pour la pulpe de courge et le produit fini en utilisant un réfractomètre ATAGO numérique, après étalonnage de l'appareil avec de l'eau distillée, l'échantillon à analyser est déposé sur sa lentille bien nettoyée, ensuite la valeur du degré Brix s'affiche sur l'écran au bout de 5 secondes

4.6.Taux de matière grasse

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylque aide à la séparation de la matière grasse (MG) de la phase aqueuse par centrifugation (NF V 04-210).

La matière grasse se sépare en couche claire dont les graduations du butyromètre révèlent le taux (AFNOR, 1980).

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

- **PDL (26%) :** Dans un butyromètre contenant 10ml d'acide sulfurique (H_2SO_4 à 1.82), ajouter 11 ml d'eau distillée, 2.5g de poudre de lait et 1ml d'alcool. Fermer-le avec un bouchon et agiter afin que le mélange brunisse, procéder une centrifugation. Ensuite chauffer-le dans un bain-marie à 65°C/10mn. La lecture doit se faire immédiatement.
- **Produit fini (yaourt à la courge) :** Introduire 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 à une densité de 1, 82 dans un butyromètre, ajouter lentement 11 ml de yaourt, ensuite verser 1 ml d'alcool iso-amylque ; fermer le butyromètre et agiter-le jusqu'à dissolution des caséines. Après brunissement du mélange, centrifuger pendant 10 min à 1100 tours. Chauffer le butyromètre après centrifugation dans un bain marie à 65°C pendant 10mn, et faire la lecture immédiatement.

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

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

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

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

4.7.Écoulement

L'écoulement est un paramètre défini pour les préparations aux fruits et compotes. Il est mesuré à l'aide d'un consistomètre de Bostwick. Cet appareil est constitué d'une cuve rectangulaire en inox formant un plan incliné et séparé en deux parties par une porte guillotine. La première partie sert de réservoir au produit à évaluer et la deuxième partie est graduée tous les 0.5 cm en partant de la porte jusqu'à la partie opposée (AGIR, 2017).

➤ Mode opératoire :

Introduire environ 100g de la préparation aux fruits dans le bac de réserve, puis on ouvre la porte à guillotine. La distance parcourue par le produit est mesurée sur une règle graduée après 30 secondes d'écoulement à une température de 20°C (Munoz Brisset, 2012).

4.8.Masse volumique et densité

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

➤ Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :

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

$$\rho = \frac{\text{masseduproduit}}{\text{Volumecoresspondant}} \text{ (g/mL)}.$$

5. Analyses spécifiques de l'eau de process

5.1.Détermination du Titre Hydrotimétrique TH (dureté)

La dureté de l'eau, ou titre hydrotimétrique (TH), est un indicateur de la minéralisation de l'eau, qui correspond à la teneur de l'eau en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}). L'unité de mesure de la dureté est le degré français (°F).

➤ **Principe :**

La détermination de la dureté de l'eau repose sur l'addition de Noir Erio-chrome T (NET) à l'eau à analyser pour former des complexes Mg-NET et Ca- NET. La solution prend une couleur rouge-violette caractéristique de ces complexes, avec l'ajout de la solution tampon à pH = 10. Ensuite, la titration de la solution obtenue avec l'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) résulte dans un premier temps la formation de complexes Mg-EDTA et Ca-EDTA avec les ions Mg^{2+} et Ca^{2+} libres, puis les ions complexés au NET. Ceci libère alors le NET en solution, et la solution prend une couleur bleue caractéristique de cette molécule à pH = 10 (ChimActiv, 2020).

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

Prélever 25 ml de l'échantillon à analyser et l'introduire dans un flacon, avec 10mL de la solution tampon (pH =10), ajouter 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré NET au mélange, ce qui provoque l'apparition d'une couleur rouge violée correspondant à un TH supérieur à 0° F, ensuite titrer la solution rouge violée avec l'EDTA (0,0025N) jusqu'au virage de la couleur du milieu vers le bleu. Le résultat est exprimé en degré français (°F).

$$TH \text{ en } ^\circ F = \text{Chute de la burette.}$$

5.2.Détermination du taux de chlore Cl_2

➤ **Principe :**

La méthode de dosage du chlore libre et du chlore total dans l'eau, est basée sur la mesure de l'absorption du composé diéthyl-p-phényldiamine (DPD) rouge dans un photomètre (ISO 7393-2 : 2017).

En présence de chlore libre, la DPD (prend une coloration rouge d'intensité proportionnelle à la teneur en chlore, susceptible d'être dosé par spectrophotométrie.

➤ **Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

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

5.3.Détermination des chlorures Cl⁻ (méthode de MOHR)

La teneur des eaux en chlorures est extrêmement variée, elle est liée à la nature des terrains traversés et indique la concentration de l'eau en ions (Cl⁻) (Rodier, 2005). La quantification des chlorures dans l'eau se fait avec la méthode de MOHR.

➤ Principe :

Cette méthode est basée sur le titrage des chlorures Cl⁻, elle consiste en un dosage argentimétrique des ions Cl⁻ avec le nitrate d'argent (AgNO₃) en présence de l'indicateur coloré chromate de potassium (K₂CrO₄), qui va réagir à la fin pour former un précipité rouge brique de chromate d'argent.

➤ Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :

Verser 1000ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer, ensuite ajouter 20ml de l'indicateur coloré de K₂CrO₄ qui a une coloration jaune, après titrer avec la solution de AgNO₃ à 0,02N, jusqu'à l'apparition de la coloration rouge brique. Le résultat est exprimé par la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{(V - 0.4) \times 0.02 \times 35.453 \times 1000}{100} \quad (\text{mg/L})$$

Où V est le volume de la chute de burette.

5.4.Détermination de la conductivité

Toute eau est plus ou moins conductrice du courant électrique, cette conductivité est liée à l'existence des charges électriques des ions présents dans l'eau. La mesure de la conductivité donne une indication sur la présence en quantité faible ou élevée des minéraux dissous (Mayet, 1994).

➤ Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :

Ce paramètre est défini à l'aide d'un conductimètre par immersion de la sonde de l'appareil de mesure dans un flacon de l'eau de process à analyser, le résultat s'exprime sur l'écran en μS/cm.

6. Autres analyses

6.1. Dosage de protéines

Le taux des protéines sériques est évalué par la méthode colorimétrique (méthode de Lowry). Le réactif de Folin Ciocalteu (acide phospho-tungsto-molybdique) est plus au moins réduit par les protéines (groupement oxydés des acides aminés), notamment des groupements phénoliques du tryptophane et de la tyrosine, et dans une moindre mesure la cystéine et l'histidine (Delobette et *al.*, 1991). Un complexe coloré résulte de cette réaction (le bleu de molybdène) dont l'intensité peut être mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 750 nm.

6.2. Taux de cendres

Les cendres (totales) se réfèrent aux résidus après calcination de la matière organique. La détermination du taux de cendres brutes est basée sur le principe de la séparation des substances organiques et minérales par l'incinération complète d'un échantillon.

➤ Mode opératoire :

Incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques puis pesée du résidu obtenu. Le résidu obtenu est floconneux après incinération à 550 °C (JORA, n° 35/2013).

6.3. Extraction et quantification des composés phénoliques

Les composés phénoliques des 3 échantillons de pulpe de courge, yaourt brassé à la pulpe de courge et yaourt nature ont été extraits avec l'éthanol aqueux (éthanol/eau [80/20 ; v/v]) selon la méthode d'extraction par épuisement liquide-solide, décrite par Turkmen et *al.*, (2006) avec quelques modifications concernant le solvant d'extraction des composés phénoliques.

10g de chaque échantillon ont été macérés dans 100ml du mélange éthanol-eau 80% (v/v) pendant une heure, sous agitation à température ambiante, puis centrifugé à 5000 rpm/10 mn. Les culots des 3 échantillons obtenus subissent une autre extraction avec le même solvant. Les trois surnageant de chaque échantillon ont été mélangés, filtrés et le solvant a été ensuite évaporé.

6.3.1. Dosage des phénols totaux

Le réactif de folin-Ciocalteu est un mélange de l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$), réduit en présence de polyphénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite possède une absorbance maximale aux environs de 765 nm, elle est proportionnelle au taux de composés phénoliques présents dans l'extrait (Ribéreau-gayon *et al.*, 1982).

➤ **Mode opératoire :**

Les extraits séchés ont été reconstitués dans de l'éthanol/eau [80/20 ; v/v] et conservés dans des flacons ambrés. La teneur en composés phénoliques des échantillons a été déterminée suivant la méthode de Yasoubi *et al.*, (2010). 200 μ L d'extrait a été mélangé avec 1mL de Folin-Ciocalteu dilué dix fois et 0,8 ml de carbonate de sodium (7,5%). Le mélange est laissé 30 minutes à l'abri de la lumière et à température ambiante avant de mesurer son absorbance à 765nm avec un spectrophotomètre VIS-7220G. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par g d'extrait sec (mg EAG/g ES) à partir d'une courbe d'étalonnage.

6.3.2. Dosage des flavonoïdes

Pour l'estimation de la teneur en flavonoïdes, le chlorure d'aluminium est couramment utilisé. La méthode est basée sur la formation du complexe flavonoïdes-métaux tel que l'aluminium sous forme de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$). La liaison des atomes d'oxygène présente sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes avec le chlorure d'aluminium forme des complexes jaunâtres (Bahorun *et al.*, 1997).

➤ **Mode opératoire :**

Le dosage des flavonoïdes a été effectué par la méthode colorimétrique de Bahorun *et al.*, (1997). 1 ml d'extrait a été mélangé avec 1 ml de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$) à 2%. Après une incubation de 10 min à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance a été mesurée à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible.

La teneur en flavonoïdes a été estimée en mg équivalent de quercétine par gramme d'extrait sec d'échantillon (mg EQ/g ES) en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée par la quercétine.

6.4. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des composés insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants apolaires tels que l'hexane et le chloroforme. L'extraction de ces substances consiste à utiliser deux phases : une phase apolaire qui permet de récupérer les caroténoïdes et une phase polaire (éthanol/acétone) qui élimine les interférents tels que les composés phénoliques (Ajila et *al.*, 2007).

➤ **Mode opératoire :**

La teneur en caroténoïdes a été déterminée selon la méthode décrite par Sasse-Kiss et *al.*, (2005), avec quelques modifications. 20 ml du mélange hexane, éthanol et acétone (2/1/1, V/V/V) sont ajoutés à 1g de mélange obtenu est agité pendant 1h. La phase hexanique est récupérée. La détermination des absorbances est effectuée à la longueur d'onde de 450 nm.

Les concentrations en caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le β carotène et les résultats sont exprimés en mg équivalent de β carotène par 100g de l'échantillon.

6.5. Capacité de piégeage du radical DPPH \cdot

Le radical DPPH \cdot est un radical stable qui peut être réduit par un transfert d'hydrogène qui provient des différents antioxydants anti-radicalaire (ArOH) qui se trouvent dans le milieu réactionnel selon le mécanisme réactionnel ci-dessous :



La réaction de réduction du DPPH \cdot provoque la diminution de l'intensité de la couleur qui est mesurée au spectrophotomètre à 517 nm (Molyneux, 2004).

➤ **Mode opératoire**

250 μ L d'extrait dilué des différents produits et 1,5mL de la solution éthanolique de DPPH (100 μ M) est additionné. Après agitation vigoureuse, les tubes sont placés à l'obscurité et à température ambiante pendant 20 minutes. La lecture a été effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH \cdot est donné par l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = (A_t - A_e) / A_t \times 100$$

Où A_t : absorbance du témoin ; A_e : absorbance de l'échantillon.

7. Analyses microbiologiques

❖ Le contrôle de la qualité microbiologique (Tableau VI) a été effectué au sein du laboratoire microbiologique d'une manière aseptique, en respectant les règles d'hygiène :

- Nettoyage de la paillasse avant et après chaque manipulation avec l'alcool.
- Les prélèvements des échantillons, les dilutions et les manipulations doivent se faire au près du Bec Bunsen.
- Les pipettes utilisées sont jetées après chaque utilisation.
- Réaliser une boîte témoin pour chaque flacon de milieu de culture pour contrôler sa stérilité.

❖ Prélèvement des échantillons :

Les matières premières ont été prélevées d'une manière aseptique, dans des flacons hermétiquement stérilisés pour la pulpe de courge (Figure 6), et dans des sachets stériles pour le sucre et la poudre du lait à 26% (Figure 7).



Figure 6: Prélèvement de la pulpe de courge.

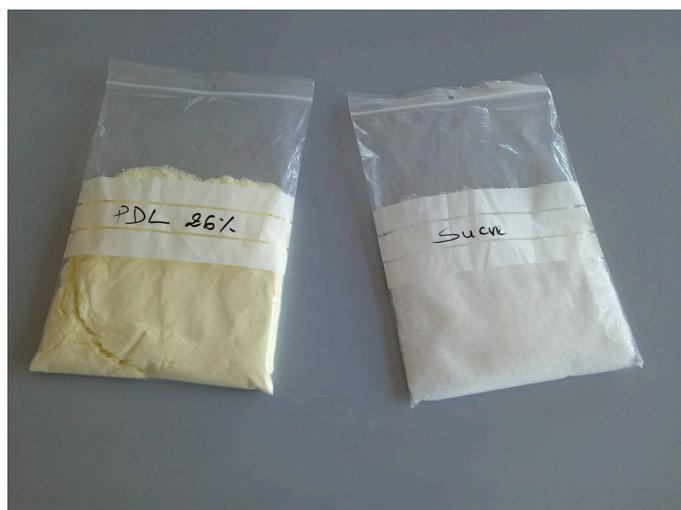


Figure 7: Prélèvement de la poudre du lait à 26% MG et de sucre.

Tableau VI: Les analyses microbiologiques effectuées sur les matières premières, semi fini et le produit fini.

Echantillon		Matière première				Produit semi fini	Produit fini
		Pulpe de courge	PDL 26%	Eau de process	Sucre		
Recherche							
Germes totaux		×	×		×		
Coliformes à 37°C			×				
Coliformes totaux		×				×	×
Coliformes fécaux		×				×	×
Levures et moisissures		×		×	×	×	×
Salmonelles			×				
CSR			×	×	×		
Germes acidifiants					×		
Germes aérobies à 22°C et 37°C				×			
Rampe de filtration	Coliformes totaux						
	Streptocoques fécaux			×			
	<i>Pseudomonas aërginosa</i>						
Test de fermentation			×				
Recherche d'antibiotiques			×				
Flore lactique							×

× : analyse effectuée.

7.1. Germes totaux

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

Tableau VII: Mode opératoire du dénombrement des germes totaux.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe de courge	Solution mère (SM)	La somme des colonies
PDL (26%)	Dilutions 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}	$\frac{\sum C}{(n_1 + 0.1n_2)d}$
Sucre	SM (40g +200ml ED stérile)	La somme des colonies

$\sum C$: la somme des colonies comptées, n_1 : nombre de boîtes retenues à la première dilution, n_2 : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution, d : taux de dilution correspondant à la première dilution obtenue.

7.2. Coliformes totaux

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

Tableau VIII: Mode opératoire du dénombrement des coliformes totaux.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe de courge	Dilution 50% (10g + 10ml bouillon peptone sel)	La somme des colonies
Semi- fini	Prise d'essai	La somme des colonies $\times 2$
Produit fini	Prise d'essai	

7.3. Coliformes thermo-tolérants (fécaux)

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

Tableau IX: Mode opératoire du dénombrement des coliformes fécaux.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe de courge	Dilution 50% (10g fruit +10ml bouillon peptone sel)	La somme des colonies
Semi-fini	Prise d'essai	La somme des colonies× 2
Produit fini	Prise d'essai	

7.4. Levures et moisissures

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

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

Tableau X: Méthode de recherche des levures et moisissures.

Produit	Echantillon	Résultat
Pulpe de courge	Enrichissement et isolement (annexe)	Présence ou absence dans 10g
Sucre	Dilution(40g +200ml ED stérile)	La somme des colonies
Semi-fini	Prise d'essai	
Produit fini	Prise d'essai	

7.5. Salmonelles (Selon le JORA n°44, 2017)

La recherche des salmonelles dans la poudre du lait PDL (26% de MG) est réalisée en 3 étapes :

- a- Pré-enrichissement : Peser 25g de PDL (26%) dans un flacon contenant 225ml d'eau peptonée, ensuite incubé à 37°C/24h.
- b- Enrichissement : Prélever 1ml de la solution pré-enrichie dans un flacon de 100ml du milieu Muller-Kaufman, ensuite incubé à 37°C/24.
- c- Isolement : Ensemencer avec l'anse de platine à partir du milieu Muller-Kaufman, sur 2 boîtes coulées avec le milieu sélectif Hektoen, incubé à 37°C/24h.

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

7.6. Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)

La mise en évidence des CSR est basée sur le pouvoir de cette bactérie à réduire les sulfites du milieu VF contenant également un sel métallique (Alcan de fer) ou sulfure de fer en produisant H₂S. L'incubation se déroule à 46°C/48h.

Tableau XI: Mode opératoire du dénombrement des CSR.

Produit	Echantillon	Résultat
PDL (26%)	2ml de SM	Nombre de bactéries par g de produit
Sucre	1ml de SM	

7.7. Germes acidifiants (GA)

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

- **Expression des résultats :**

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

7.8. Germes aérobies à 22°C et à 37°C

Préparer 4 boîtes de Pétri vides, prélever aseptiquement 1 ml d'eau à analyser dans chaque boîte, ajouter à chacune des boîtes environ 15 ml de gélose PCA et mélanger l'inoculum avec la gélose, laisser solidifier sur paille, ensuite rajouter une deuxième couche de la même gélose. Deux boîtes seront incubées à 22°C/48h. Les deux autres seront incubées à 37°C/72h.

➤ **Expression des résultats :**

L'apparition des germes aérobies dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaire poussant en masse. Seulement les boites contenant entre 15 et 300 colonies sont retenues. Le résultat obtenu en calculant la moyenne des colonies dans les deux boites.

7.9. Recherche et dénombrement des Coliformes Totaux, Streptocoques Fécaux, *Pseudomonas* (rampe de filtration)

➤ Quatre milieux sont utilisés :

- Milieu TTC pour les coliformes totaux.
- Milieu Slanetz et Bartley (SB) pour les streptocoques fécaux.
- Milieu Cétrimide pour les *Pseudomonas*.

➤ **Mode opératoire de la rampe de filtration :**

Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100ml d'eau de process, et filtrer l'eau sur une membrane filtrante stérile, après la filtration retirer la membrane filtrante à l'aide d'une pince préalablement flambée, et la déposer sur chaque milieu de culture adéquat. A la fin incuber les boites de pétri : Coliformes totaux à 30°C/24h, Streptocoques fécaux à 37°C/48h, et *Pseudomonas* à 37°C/48h.

➤ **Expression des résultats :**

Après incubation :

- Les Coliformes totaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orange ; lisses, légèrement bombées sur le milieu TTC.
- Les Streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies translucides au diamètre variable de couleur rose bonbon sur le milieu SB.
- Les *Pseudomonas* présentent une pigmentation caractéristique bleue ou bleu-vert entouré d'un halo blanc fluorescent sur gélose Cétrimide.

Dans le cas où le nombre de colonies comptées est entre 15-300 colonies, le nombre de germes sera exprimé dans 100ml d'eau de process.

7.10. Recherche d'antibiotique

Ce paramètre est défini pour le lait cru par dépistage (Beta-Star) qui est un test rapide réalisé à la réception du lait cru et pour la poudre du lait (26% MG) par DELVOTEST. Ces tests permettent de détecter la présence de substances antibactériennes tels que les antibiotiques et les sulfamides dans le lait et poudre du lait.

- **Dépistage (Béta-Star) :** Cette méthode est basée sur des réactions chimiques avec des réactifs liés à des particules d'or. Le réactif permettra de lier toute substance antimicrobienne provenant de bêta-lactamines ou tétracyclines présentes dans le lait, la substance antimicrobienne bloque la migration ultérieure du réactif au milieu immunochromatographique et développant ainsi un test de coloration sur lignes.
- **Delvo-test :** Reconstituer 12.5g de poudre de lait (26%) dans 100ml d'eau de process dans un flacon et homogénéiser. Mettre l'incubateur Delvo-test sous tension à une température de 63 – 65 °C, ensemer une ampoule SP-NT avec 1ml de l'échantillon préparé, placer l'ampoule dans l'incubateur pendant 2h 45min.

Le résultat s'exprime en changement de couleur :

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

7.11. Test de fermentation

Peser 12.5g de poudre de lait (26%) dans un flacon gradué et ajuster avec l'eau de process jusqu'à 100ml, homogénéiser et mettre le mélange dans un bain marie à température 95°C/10mn. Laisser refroidir à 43°C et ensemer avec 10g de yaourt étuvé, mélanger et incuber à 43°C/4h à 5h. Ce test a pour but de vérifier la présence des antibiotiques inhibiteurs de la fermentation. Le résultat positif s'exprime par fermentation (coagulation) du lait reconstitué.

8. Etude du développement de la flore lactique lors de la conservation (DLC)**➤ Mode opératoire (Manuel SOUMMAM) :**

A partir d'un pot de yaourt brassé à la pulpe de courge, préparer les dilutions de 10^{-1} jusqu'à 10^{-10} .

- Pour *Lactobacillus bulgaricus*, ensemer les dilutions 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , et transférer aseptiquement 1 ml à l'aide d'une pipette

- Pour *Streptococcus thermophilus*, ensemercer les dilutions 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-10} , et transférer aseptiquement 1 ml à l'aide d'une pipette stérile dans des boîtes Pétri, ensuite couler les boîtes avec le milieu MRS, fondu et maintenu à 45 °C.
- Incuber les boîtes pour le dénombrement de *L. bulgaricus* et *S. thermophilus* pendant 72h à 37°C.

Le dénombrement de la flore lactique est effectué à : j+1, j+10, j+20 et j+30.

- **Expression des résultats :** Compter les colonies sur les boîtes contenant 10 à 300, Pour chaque micro-organisme caractéristique, calculer le nombre N de bactéries par gramme d'échantillon en tant que moyenne pondérée de deux dilutions successives, comme suit :

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Avec ΣC : la somme des colonies comptée sur les boîtes retenues.

n 1 : est nombre de boîtes comptées pour la dilution la plus faible.

n 2 : est nombre de boîtes comptées pour la dilution la plus élevée.

d : est la valeur correspond à la dilution des premiers dénombrement retenus.

9. Etude sensorielle

Selon Schlich et *al.*, (2010), l'évaluation sensorielle peut être un test de préférence ou un test d'acceptabilité. Le test de préférence consiste à comparer deux ou plusieurs produits pour n'en choisir qu'un ou pour les ordonner selon la préférence du sujet. Alors que le test d'acceptabilité consiste à accorder une note sur une échelle à chacun des produits de l'étude. Durant cette évaluation, quatre échantillons codés A, B, C et D selon les quantités de fruit ajoutées indiquées dans le tableau, ont été présentés pour chaque dégustateur. Cette évaluation a été effectuée en deux phases : une analyse hédonique et une analyse sensorielle.

Tableau XII: Codage des échantillons à déguster.

Code	Indication
A	Yaourt brassé à 15% F3 à 20% de sucre
B	Yaourt brassé à 10% F3 à 10% de sucre
C	Yaourt brassé à 15% F2 à 20% de sucre
D	Yaourt brassé sucré sans fruit

L'analyse hédonique consiste à présenter les échantillons d'une façon monadique (Figure 8) et le sujet doit exprimer son avis concernant leur caractère agréable sur une échelle de notation ou sur une échelle d'intervalle (Depledt et *al.*, 2009). 150 sujets ont participé au test de dégustation et ont répondu sur un questionnaire présenté en notant sur une échelle de préférence de 1 à 9 (Annexe 3). Cette analyse a eu lieu au niveau de :

- ✓ L'école primaire Ghezzou Aissa, Ighram à Akbou.
- ✓ Lycée Hafsa d'Akbou, Bejaïa.
- ✓ La salle dégustation de l'université A. MIRA.



Figure 8: Photographie de la paillasse de l'évaluation hédonique.

L'analyse sensorielle a été évaluée par un groupe de 21 individus experts, dont 11 sujets ont effectué l'analyse au sein de la laiterie SOUMMAM (salle de dégustation), et les autres 10 experts au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle à l'université A. Mira de Bejaia (Figure 9). Des critères ont été évalués selon un questionnaire présenté en notant sur une échelle d'évaluation de 1 à 5 et la préférence a été notée de 1 à 9. Ces critères inclus : la couleur, l'odeur, l'arôme, la sucrosité, l'acidité, la quantité du fruit, le fruit identifié et la texture en bouche, la consistance et la préférence (Annexe 4).



Figure 9: Photographie de la cabine de dégustation de l'analyse sensorielle.

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

L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel XL-STAT (2014) après traitement des données sensorielles, les tests sélectionnés pour l'interprétation sont :

- La caractérisation des produits ;
- Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ;
- L'Analyse de la composante principale (ACP) ;
- La cartographie externe de préférence (PREFMAP) ;

1. Analyses physicochimiques

1.1. Matières premières

1.1.1. Pulpe de courge

Le tableau suivant illustre les résultats de l'analyse physicochimique effectuée.

Tableau XIII: Résultats de l'analyse physicochimique de la pulpe de courge F3.

Paramètres	Ph	Acidité %	EST %	°Brix	Densité	Écoulement cm/min
Résultats	4.20	0,14	27,18	25	1,054	4,1

- ✓ Les présents résultats de l'analyse physicochimique de la pulpe de courge (F3) montrent un pH de 4.20 et une acidité (taux d'acide citrique) de 0.14%, en comparaison avec les résultats obtenus par Assous et al., (2014) pour la courge conservée dans une solution saccharose, ont rapporté que le pH et l'acidité étaient de 4.44 et 1.83% respectivement. Ce qui signifie que la pulpe de courge présente une certaine acidité due à l'ajout de l'acide citrique (3%) dans le but de conserver la qualité de la préparation.
- ✓ L'extrait sec obtenu est de 27,18% ce qui indique un taux d'humidité de 72.82%, en comparaison à celle de Assous et al., (2014), qui ont monté un taux d'humidité de 92.23% pour la courge fraîche. Cela est dû au traitement thermique (cuisson et pasteurisation) subit pour la pulpe de courge qui a provoqué une perte d'humidité.
- ✓ Le degré Brix mesuré, la densité et l'écoulement indiqués dans le tableau XIII sont conformes aux normes internes de l'entreprise par rapport aux préparations aux fruits.

1.1.2. Lait cru

Les résultats obtenus à l'aide de l'analyseur Milko-scan sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

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

Paramètre	Résultat	Norme
Température °C	4.2	<06°C JORA n° 69/1993
pH	6,70	6,6-6,8
Acidité °D	17	18°D max
EST %	12,44	12-13
Densité	1028.3	1028-1032
Test d'ébullition	Stable	Stable
Taux de MG %	3,54	Min 3,3 %
Taux de MP %	3,25	3-3,5 %

- ✓ La température mesurée de 4,2°C est conforme à la norme exigée par JORA n° 69/1993. En effet, le lait collecté a été transporté dans des camions frigorifiques dans de bonnes conditions de température.
- ✓ L'acidité du lait cru (17°D) présente une conformité par rapport à la norme de l'entreprise. Pour le pH, la valeur obtenue est de 6,70 et elle situe également dans l'intervalle cible de tolérance de l'entreprise SOUMMAM. Ce qui signifie que le lait collecté est frais.
- ✓ Le taux de l'extrait sec total et la densité obtenus sont conformes aux normes de l'entreprise. Le taux de l'EST a une très grande influence sur la qualité des produits finis. En effet, Hachana et *al.*, (2017) ont montré que plus la valeur de l'extrait sec est élevée plus le rendement de transformation technologique est élevé. Un lait cru ayant un EST convenable permet de produire du yaourt d'excellente qualité sensorielle.
- ✓ Le taux de matière grasse et le taux de protéines enregistrés pour notre échantillon répond aux exigences de l'entreprise. La matière grasse et la matière protéique du lait ne sont pas constantes, elles varient selon l'alimentation et l'espèce animale, les conditions climatiques et le stade de lactation (Labioui et *al.*, 2009). De ce fait le lait collecté est de bonne qualité.
- ✓ Le lait cru analysé à l'entreprise SOUMMAM est stable comme le montre le test d'ébullition qui permet d'anticiper le comportement du lait à la stérilisation.

1.1.3. La poudre du lait (26% MG)

Les paramètres physicochimiques déterminés pour la poudre du lait à 26% MG, sont indiqués dans le tableau.

Tableau XV: Résultats de l'analyse physicochimique de la PDL 26%.

Paramètre	Résultat	Norme de l'entreprise
Ph	6,69	6,5-6,7
Acidité °D	12,8	12-17 °D
Taux d'humidité %	2,82	<5%
ρ (g/ml)	0,6	0,55-0,80
Taux de MG %	27,5	26% min

- ✓ L'acidité est considérée comme un paramètre de fraîcheur. D'après les résultats obtenus, le pH de la poudre du lait (6,69) et l'acidité (12,8 °D) sont conformes aux normes internes de l'entreprise. Ce qui confirme les bonnes conditions de conservation de la poudre et que le lait cru utilisé pour la fabrication de celle-ci était frais.
- ✓ Le taux d'humidité obtenu est inférieur à 5%, ce qui signifie que la poudre du lait est conforme à la norme de la laiterie Soummam, ce qui confirme aussi qu'elle a été conservée et transportée dans des bonnes conditions à l'abri de l'humidité.
- ✓ La masse volumique obtenue est de 0,6 g/ml. Selon la norme interne de l'entreprise, cette valeur est dans l'intervalle exigé.
- ✓ Pour le taux de matière grasse mesuré dans la poudre du lait (27,5%) est supérieur à la norme exigée. Ce qui veut dire que cette poudre a été issue d'un lait partiellement écrémé.

1.1.4. Eau de process

Le tableau présente les résultats de l'analyse physicochimique de l'eau de process.

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

Paramètre	Résultat	Norme de l'entreprise
pH	7.13	6.5- 7.5
TH (°F)	10	8- 10
Dosage Cl ⁻ (mg/l)	55	<80
Dosage Cl ₂ (mg/l)	0.16	<0.3
Conductivité (μS/cm)	400	<500

- ✓ D'après le tableau, on remarque que les résultats obtenus pour l'eau de process analysée sont en conformité avec les normes internes de l'entreprise, ce qui suggère l'efficacité des traitements des eaux au niveau de la laiterie SOUMMAM.

1.2. Produit fini

Les analyses physico-chimiques du yaourt élaboré à la pulpe de courge, durant la conservation à 4 °C, ont donné les résultats représentés dans le tableau.

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

Paramètres	Résultats	Normes de l'entreprise
pH	4.22	4.1-4.6
Acidité (°D)	72	70-85
°Brix	20	19-21
EST %	22.49	23-24.3
Densité	1.08	-
Taux de MG %	2.7	2.6-2.8

- ✓ Le pH et l'acidité du yaourt à la pulpe de courge sont de 4,22 et de 72°D respectivement, ces valeurs se situent dans l'intervalle de tolérance de l'entreprise tout comme les yaourts brassés aux fruits. Cela signifie que le yaourt a été élaboré en respectant le taux d'ensemencement des levains et la durée de la fermentation.
- ✓ La valeur de l'extrait sec réfractomètre mesuré est de 20°Brix, cette valeur est en conformité aux exigences de l'entreprise.

- ✓ L'extrait sec total et la densité du yaourt élaboré sont conformes aux normes internes de l'entreprise. Sous la dénomination d'extrait sec total ou matière sèche d'un aliment, on désigne la totalité de ses éléments constitutifs non volatils après dessiccation par évaporation. Il existe une relation pratique entre l'extrait sec d'un lait d'une part, sa densité et sa teneur en matière grasse d'autre part. La variation de l'EST est en relation directe avec celle de la densité.
- ✓ Le taux de matière grasse est de 2,7%, cette valeur se situe dans l'intervalle imposé par la laiterie Soummam qui est comprise entre 2,6-2,8%. Selon IHEMEJE et *al.*, (2015), la teneur en matière grasse dans les yaourts dépend de la matière grasse du lait utilisé lors de la standardisation du yaourt. A ce point-là on déduit que la matière première utilisée a une teneur de matière grasse acceptable.

1.3. Evaluation du pH et de l'acidité jusqu'à la DLC

D'après le graphique (Figure 10), Le pH diminue progressivement en le comparant avec l'acidité qui augmente avec le temps.

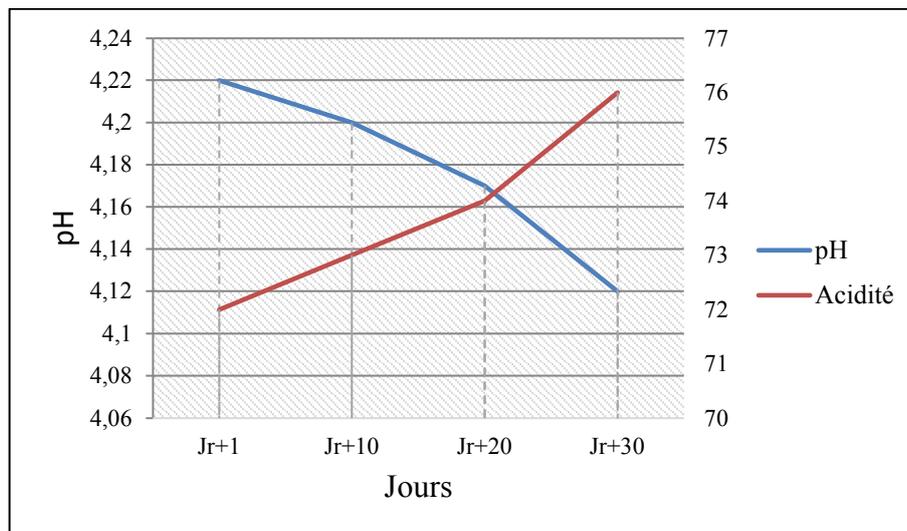


Figure 10: Variation du pH et de l'acidité dans le yaourt à la pulpe de courge en fonction des jours.

Les résultats révèlent que le yaourt est encore de bonne qualité 3 semaines après la DLC. On sait que le pH et l'acidité du lait, deux facteurs proportionnellement inverses dépendent de son état de fraîcheur. On remarque que le pH varie très peu et se situe aux alentours de 4.12 à 4.22 en moyenne durant toute la durée de conservation de Jr+1 au Jr+30,

bien que l'on observe une très légère acidification du yaourt élaboré, elle serait imperceptible par le consommateur.

2. Autres analyses

2.1. Dosage de protéines

Les résultats du dosage des protéines dans les extraits de pulpe de courge, le yaourt nature étuvé et le yaourt à la pulpe de courge (F3) sont représentés dans l'histogramme (figure 11).

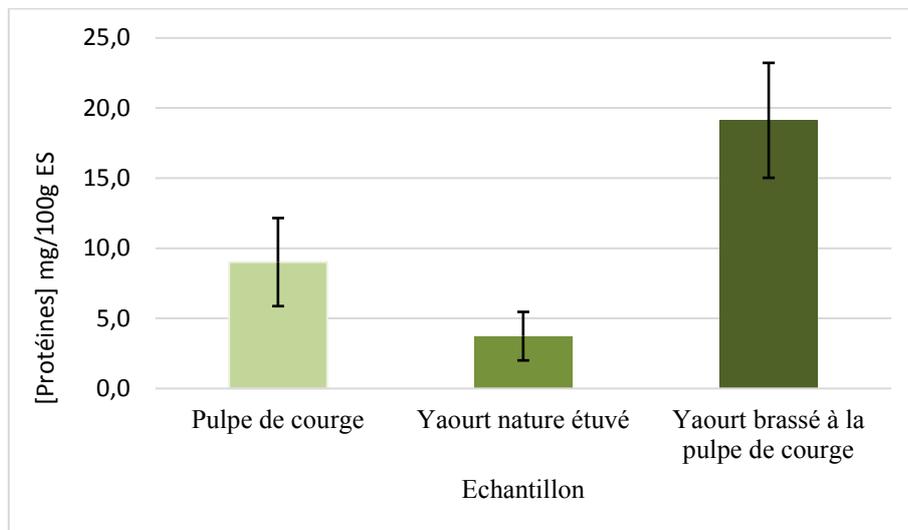


Figure 11: Teneurs moyennes en protéines des extraits de pulpe de courge, yaourt nature et yaourt brassé à la pulpe de courge.

D'après la figure n°11, l'extrait du yaourt brassé à la pulpe de courge (F3) (19,1 mg/100g ES) est plus riche en protéines que celui de l'extrait du yaourt nature qui avait une faible teneur en protéines (3,8 mg/100g ES). Cependant, l'extrait sec de la pulpe de courge a une teneur en protéine élevée (9 mg/100g ES).

2.2. Taux de cendres

Les taux de cendres mesurés pour 3 échantillons sont représentés dans la figure suivante :

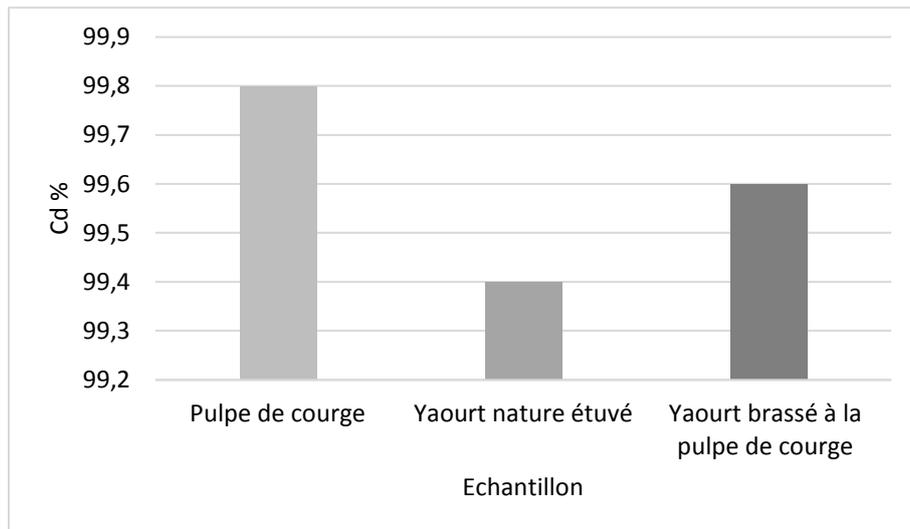


Figure 12: Taux de cendres de pulpes de courge, yaourt nature et yaourt à la pulpe de courge.

Les résultats obtenus pour les taux de cendres des trois échantillons : la pulpe de courge (99,8%), yaourt brassé à la pulpe de courge (99,6%) et yaourt nature étuvé (99,4%), ont montré que le taux de cendres est identique pour les produits analysés. Ce qui explique que les trois échantillons sont riches en éléments minéraux.

2.3. Dosage des phénols totaux

Les résultats de la teneur en poly-phénols des extraits de la pulpe courge, du yaourt nature étuvé et du yaourt brassé à la pulpe de courge (15% F3) étudiés sont reportés sur la figure suivante :

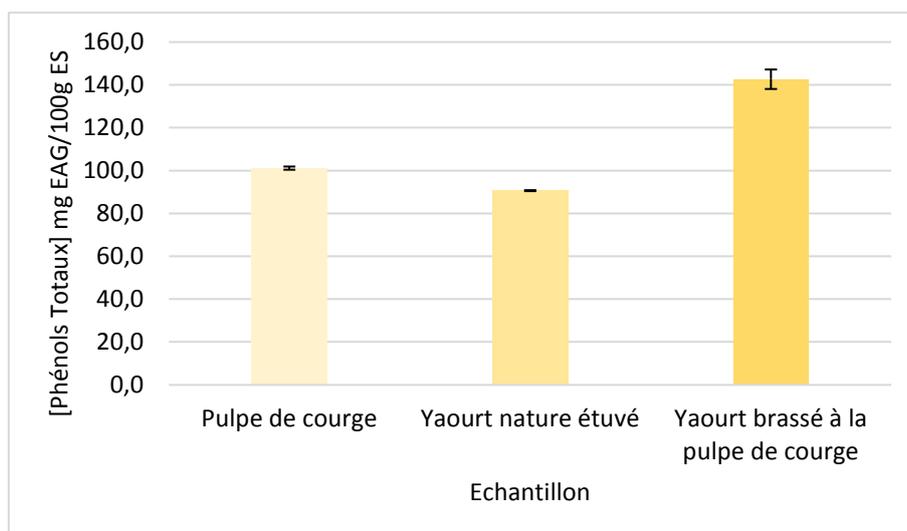


Figure 13: Teneurs en phénols totaux des extraits de pulpe de courge, yaourt nature et yaourt brassé à la pulpe de courge.

Les résultats obtenus dans l'histogramme (figure 12) ont montré que la teneur des phénols totaux de l'extrait de la pulpe de courge (F3) (*Cucurbita moschata*) (101,2 mg EAG/100g ES) est inférieure au résultat trouvé par Enneb et al., (2020), qui a indiqué une teneur totale des phénols de ce fruit était d'environ 227,1 mg EAG/100g ES. Cette différence est due à l'ajout de l'eau, le sucre ainsi que la cuisson.

Pour l'extrait du yaourt brassé à la pulpe de courge est plus riche en phénols totaux (142,7 mg EAG/100g ES) que celui du yaourt nature étuvé (90,7 mg EAG/100g ES), cela est dû à l'enrichissement du yaourt élaboré à la pulpe de courge.

2.4. Dosage des flavonoïdes

La Quantification des flavonoïdes dans les trois échantillons est illustrée dans la Figure n°14.

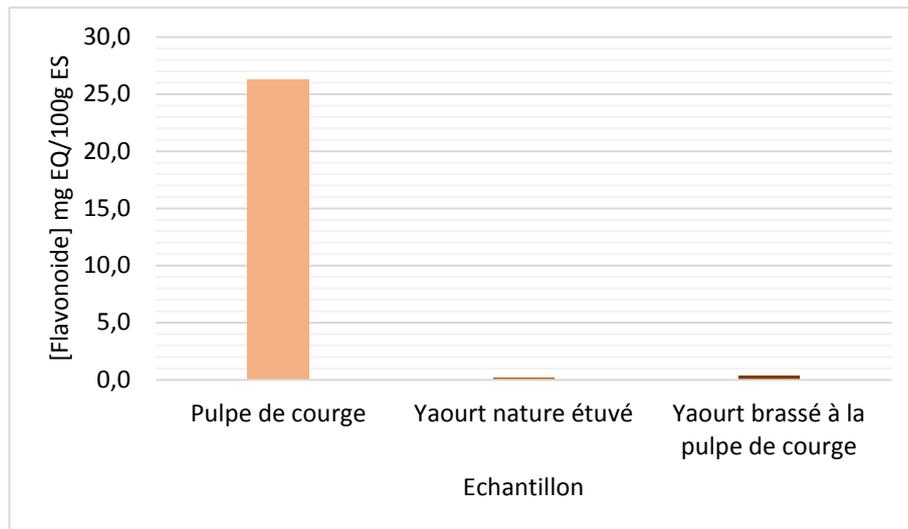


Figure 14: Teneur en flavonoïdes dans la pulpe les extraits de pulpe de courge, yaourt nature sucré et yaourt brassé à la pulpe de courge F3).

D'après l'histogramme ci-dessus, l'extrait de la pulpe de courge est de 26,3 mg EQ/100g ES. On remarque que les deux extraits du yaourt nature et yaourt brassé à la pulpe de courge sont de très faibles teneurs en flavonoïdes.

2.5. Dosage des caroténoïdes

Les résultats de la teneur en caroténoïdes des extraits de coing et de la confiture étudiés sont reportés dans (Figure 14).

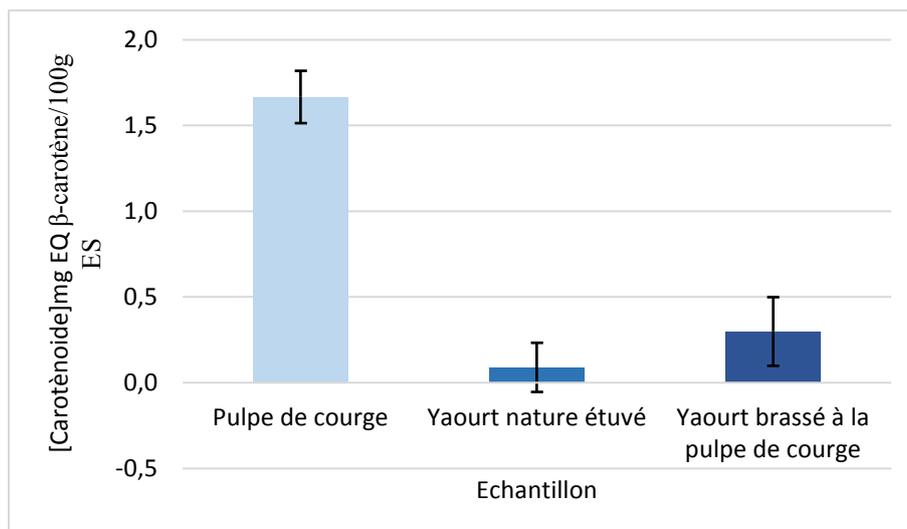


Figure 15: Teneurs en caroténoïdes des trois extraits.

Le résultat de la présente étude montre que la teneur en caroténoïdes de l'extrait de pulpe de courge est très élevée (1,7 E β C /100g ES), en comparant au résultat obtenu par Jacobo-Valezuela et *al.*, (2011), la teneur en caroténoïdes de la chair de *Cucurbita moschata* récoltée en Mexique est égale à 2,67g E β C /100g MF, cette teneur est supérieure à notre résultat. Cela est probablement dû à la différence entre les espèces et variétés analysées et origine géographique du fruit, aux conditions de culture et la saison.

Selon la figure 15, l'extrait du yaourt brassé à la pulpe de courge est plus riche en caroténoïde (0,3 E β C /100g ES) que l'extrait du yaourt nature (0,1 E β C /100g ES), ce qui est dû à l'enrichissement à la pulpe de courge.

2.6. Capacité de piégeage du radical DPPH

L'histogramme suivant représente les pourcentages d'inhibition du radical DPPH.

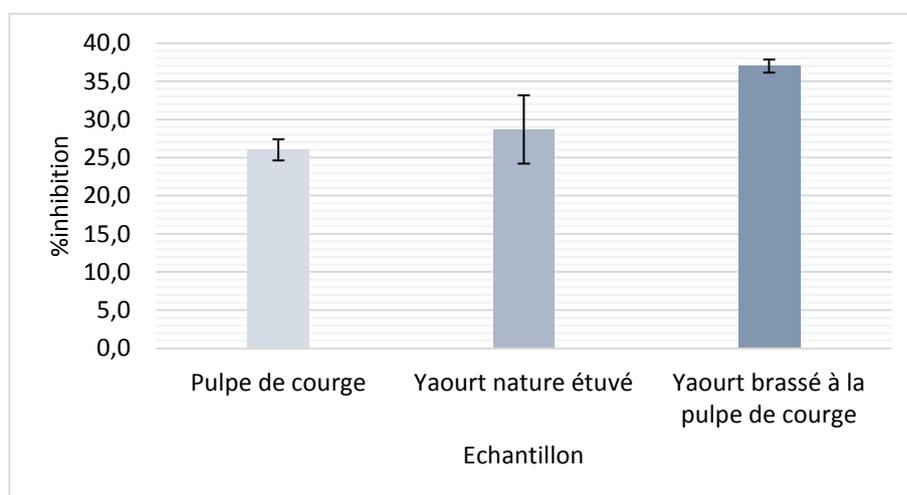


Figure 16: Pourcentage d'inhibition des échantillons analysés.

D'après les résultats obtenus, le pourcentage d'inhibition du radical DPPH de la courge (26%) est inférieur aux résultats de l'étude menée par Azizah et *al.*, (2009), dont le pourcentage d'inhibition du radical DPPH de la courge musquée est égal à 78,4%. Cela est dû à l'ajout de l'eau et de sucre, ainsi qu'à la cuisson et la pasteurisation appliquées.

Cependant, le taux d'inhibition de l'extrait du yaourt brassé à la pulpe de courge (37%) est supérieure à celui de l'extrait du yaourt nature (28,7%).

3. Analyses microbiologiques

3.1. Matières premières

3.1.1. La pulpe de courge

Les résultats de l'analyse microbiologique de la pulpe de courge sont présentés dans le tableau.

Tableau XVIII: Résultats de l'analyse microbiologique de la pulpe de courge.

Recherche	Lecture UFC/ml	Norme
Germes totaux	Abs	Abs
Coliformes totaux	Abs	Abs
Coliformes fécaux	Abs	Abs
Levures et moisissures	Abs	Abs

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

3.1.2. Lait cru, PDL (26%), eau de process et sucre

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

Tableau XIX: Résultats de l'analyse microbiologique des matières premières (lait cru, PDL 26%, eau de process, sucre).

Recherche	Résultat et norme	
	Lait cru	
Recherche d'antibiotiques	Négatif	Abs (négatif)
	PDL 26%	
Germes totaux	Abs	2.10^5
Germes totaux	Abs	2.10^5
Coliformes à 37°C	Abs	10
Salmonelles	Abs	Abs
CSR	Abs	10
Test fermentation	Positif	Positif
Recherche d'antibiotiques	Abs	Abs
	Eau de process	
Levures et moisissures	Abs	Abs
CSR	Abs	Abs
Germes aérobies à 22°C	Abs	10^2
Germes aérobies à 37°C	Abs	<20
Coliformes totaux	Abs	<10
Streptocoques fécaux	Abs	Abs
<i>Pseudomonas aëruginosa</i>	Abs	Abs
	Sucre	
Germes totaux	Abs	20
CSR	Abs	01
Germes acidifiants	Abs	05
Levures	Abs	01
Moisissures	Abs	01

- ✓ La recherche de résidus de substances inhibitrices permet de s'assurer que le lait est exempt de tout résidu médicamenteux (Renard, 2014). Le test d'antibiotique (Béta-star) été négatif d'après le tableau répondant ainsi aux exigences de JORA (1998), cela indique que le lait collecté a été produit par des vaches qui n'ont pas subi un traitement antibiotique. De ce fait, le lait collecté est de bonne qualité.
- ✓ Selon les résultats présentés dans le tableau XVIII, On remarque l'absence totale des germes pathogènes recherchés, ce qui explique la bonne qualité microbiologique et hygiénique de la poudre du lait.
- ✓ Le test de fermentation a montré un résultat positif dont la fermentation a été effectuée et le lait reconstituéensemencé à coaguler, qui est conforme à la norme de l'entreprise. Ce qui indique que la poudre du lait utilisé a été issue d'un lait exempt d'antibiotique inhibiteur de l'activité des ferments lactiques.
- ✓ Le résultat de la recherche d'antibiotiques (Delvo-test) indique aussi l'absence des résidus d'antibiotiques dans la poudre du lait exprimé par le virage de la couleur du milieu d'ensemencement du violé vers le jaune (Figure 3). Ce changement dans la couleur du milieu de cultureensemencé avec du lait reconstitué est provoqué par le développement de microorganismes dans la gélose. Seule la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait empêche cette multiplication.

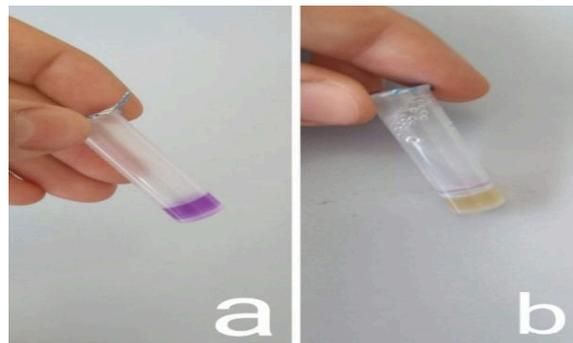


Figure 17: Photographie du résultat du Delvo test sur la poudre du lait (a- milieuensemencé avant incubation, b- milieu viré après incubation).

3.2. Semi fini

Les résultats de l'analyse microbiologique du semi fini (masse blanche) sont illustrés dans le tableau suivant.

Tableau XX: Suivi de la qualité microbiologique du semi fini.

Recherche Prélèvement	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Levures et moisissures
Sortie pasteurisateur	Abs	Abs	Abs
Cuve de maturation	Abs	Abs	Abs
Refroidisseur	Abs	Abs	Abs
Cuve de stockage	Abs	Abs	Abs
Sous tirage	Abs	Abs	Abs

3.3. Le produit fini

Les résultats des analyses microbiologiques du produit fini (yaourt brassé à 15% de la pulpe de courge F3) sont présentés dans le tableau suivant.

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

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

Le dénombrement de la flore microbienne indésirable sur le plan technologique permet d'apprécier la capacité de conservation des produits laitiers (Sodini et Beal, 2012). Les analyses microbiologiques réalisées sur le produit fini du J+1 montrent une absence totale des coliformes totaux, fécaux ainsi que les levures et moisissures qui sont des germes de contamination courants dans les industries laitières. Cela signifie que le produit élaboré est sain et ne présente aucun risque pour le consommateur.

3.4. Evolution de la flore lactique jusqu'à la DLC

L'évolution de la flore lactique au cours de la conservation du produit fini à 4 °C jusqu'à sa DLC est illustrée dans la figure ci-dessus :

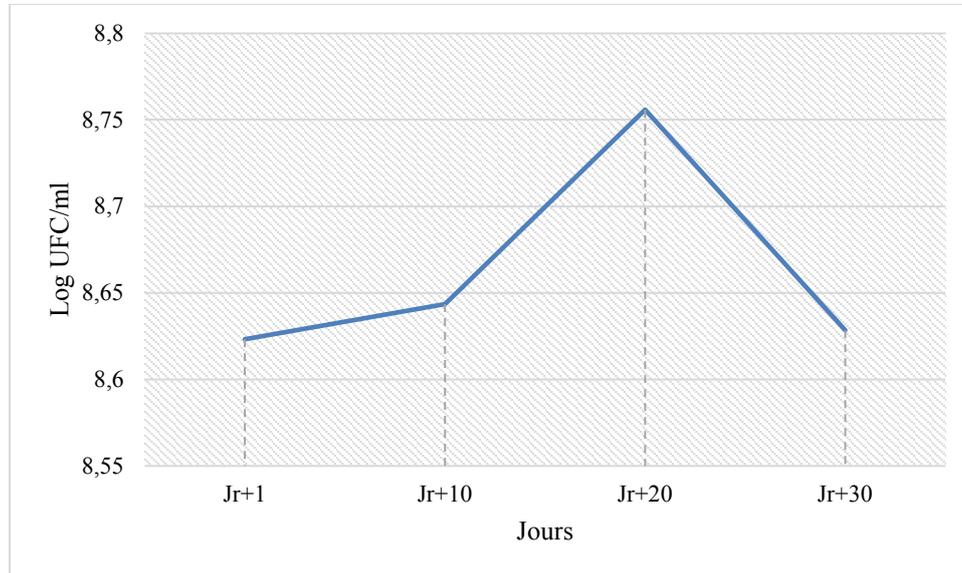


Figure 18: Evolution de la flore lactique dans le yaourt élaboré en fonction du temps (DLC).

Les résultats concernant la flore lactique (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*), montrent clairement leur parfaite conformité aux normes fixée par le JORA n° 35 de 1998 ($> 10^7$ à la DLC). La courbe de croissance de ces deux bactéries est caractérisée par deux phases de croissance :

- La première est la phase de croissance à partir du Jr+1 vers Jr+20, Selon Schmidt et al., (1994), cette phase est due au pH favorable du milieu, la présence des nutriments nécessaires à la croissance et aux variations peu élevées de la température de stockage.
- La seconde est la phase de décroissance du Jr+20 jusqu'à la DLC, qui peut être expliquée par une production d'acide lactique qui acidifie de plus en plus le milieu. L'accumulation cet acide provoque la diminution du pH du milieu qui devient défavorable. Notamment qu'il existe des substances inhibitrices (bactériocines) produites par les bactéries lactiques qui provoque la décroissance de la flore lactique (Juillard et al., 1987).

4. Analyse sensorielle

Les données de l'analyse sensorielle ont été traitées avec le logiciel XL-Stat (2014).

✓ Caractérisation des produits (Pouvoir discriminant par descripteur) :

La figure 5 ci-dessous montre les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant pour les différents types de yaourt.

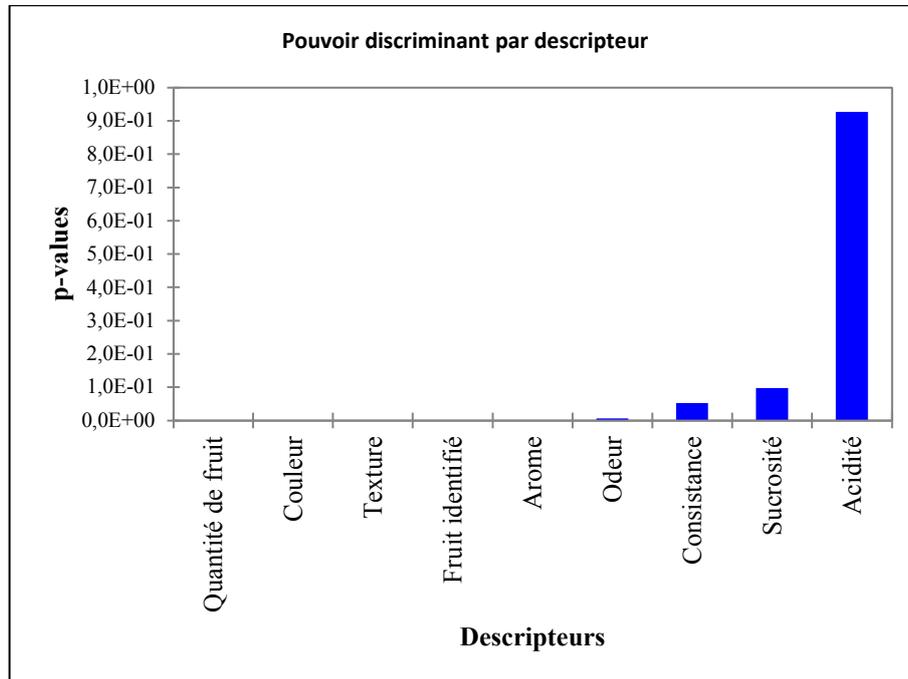


Figure 19: Pouvoir discriminant par descripteur.

Les résultats révèlent que le pouvoir discriminant par descripteur est dominant pour la quantité de fruit, couleur, texture, fruit identifié, ce qui explique que la diversité de ces descripteurs a été constatée par les sujets experts. Concernant, les descripteurs odeur, consistance, sucrosité et acidité, ils sont moins discriminés par le jury expert. Donc les experts n'ont pas constaté de divergence entre les descripteurs des échantillons dégustés.

✓ Moyenne ajustée par produit :

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

Tableau XXII: Moyennes ajustées par produit.

	Consistance	Quantité de fruit	Odeur	Arome	Couleur	Fruit identifié	Sucrosité	Acidité	Texture
A	2,476	3,524	2,619	3,000	3,524	3,905	3,143	2,714	2,857
C	2,476	3,190	2,619	2,905	3,381	4,095	3,000	2,714	3,333
B	2,429	2,905	2,571	2,667	2,810	3,762	3,333	2,762	3,048
D	2,095	1,000	1,952	1,810	1,000	2,048	2,857	2,810	4,524

Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont les plus significatives que la moyenne globale, et en rouge celles qui sont les moins significatives que la moyenne globale. Donc pour les yaourts A et C se caractérisent par une quantité de fruit forte, un arôme fort et une couleur entre le jaune et le saumon et le fruit (abricot) a été identifié pour les deux produits. Pour le yaourt B présente une quantité de fruit moyenne et sucrosité intense. A l'inverse du yaourt D, qui est considéré comme le produit ayant les moyennes les moins significatives.

✓ **Analyse en composantes principales (ACP) :**

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

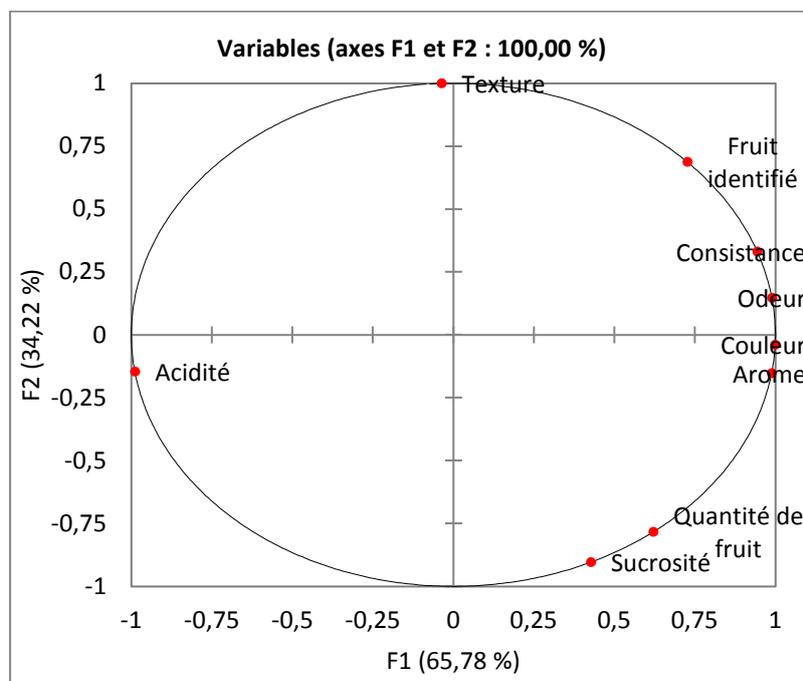


Figure 20: Corrélation entre des variables et des facteurs du panel experts.

La carte obtenue (figure 19) a permis de représenter 100% de la variabilité. Les variables sont dispersées dans le cercle et le niveau de variabilité est respectivement de 65,78% et de 34,22%. Les descripteurs « acidité », « sucrosité » et « quantité de fruit » sont corrélés négativement. On constate que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents.

✓ La cartographie externe de préférence (PREFMAP)

En analyse sensorielle, le principe de la cartographie des préférences est d'établir un espace multidimensionnel, qui représente la carte des préférences, les courbes de niveau et le tableau de pourcentage des juges satisfaits pour chaque produit. La figure suivante illustre la courbe des niveaux et la carte de préférence

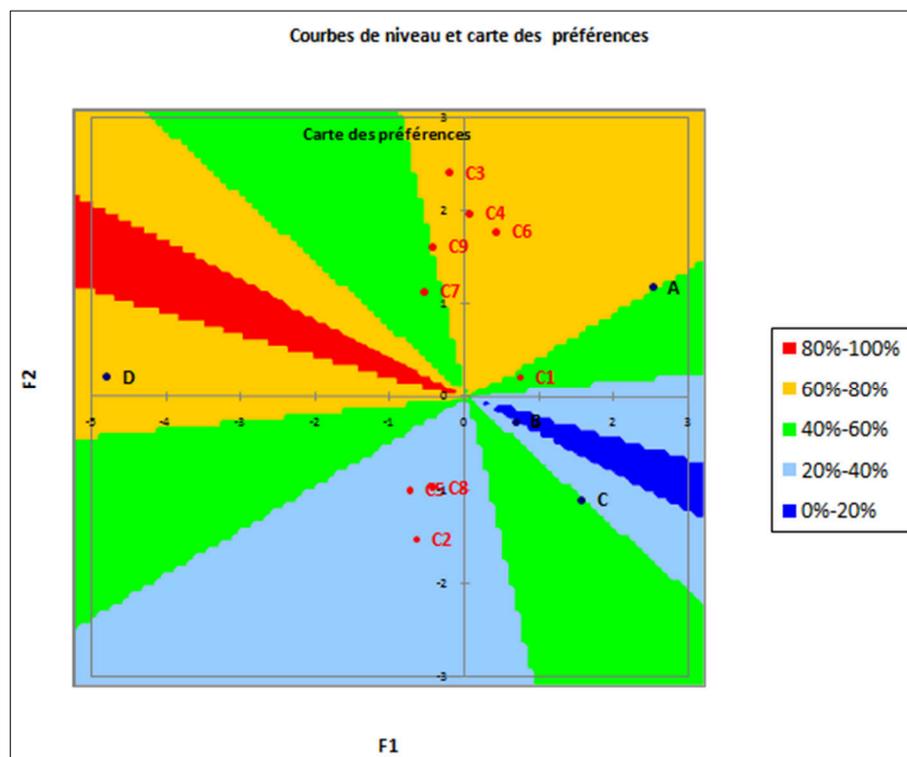


Figure 21 : Courbe de niveau et carte de préférence.

D'après les résultats obtenus (figure 23), Le pourcentage d'appréciation du produit codé A (yaourt brassé à 15% de pulpe de courge F3 à 20% de sucre) et du produit codé D (yaourt brassé sucré sans fruit) est de 60% et 80%, le produit codé C (yaourt brassé à 15% de pulpe de courge F2 à 10% de sucre) a un pourcentage d'appréciation de 40% et 60%, le produit codé B

(yaourt à 10% de pulpe de courge F3 à 20% de sucre) a un pourcentage d'appréciation de 20% et 40%.

Les dégustateurs du panel consommateurs (naïfs) de la 3^{ème}, 4^{ème} et 6^{ème} classe, apprécient le yaourt brassé à 15% de pulpe de courge F3 à 20% de sucre (codé A), alors que la 9^{ème} classe apprécie le yaourt brassé sucré sans fruit (codé D). Pour la 1^{ère} et 7^{ème} classe, apprécient le yaourt brassé à 15% de pulpe de courge F2 à 10% de sucre (codé C). Le reste des classes préfèrent le yaourt brassé à 15% de pulpe de courge à 20% de sucre (codé B).

En conclusion, l'étude de la cartographie sensorielle des préférences des quatre produits, avait révélé que la majorité des consommateurs (panel naïf) ont apprécié le yaourt brassé ayant 15% de pulpe de courge de la préparation F3 à 20% de sucre.

Conclusion

La courge musquée est considérée comme un légume très cultivés dans le monde, a divers utilisation dans tous les domaines nutritionnels et médicinaux.

Dans le cadre d'élaboration d'un nouveau produit laitier, nous avons effectué un stage au niveau la laiterie SOUMMAM d'Akbou où nous avons élaboré un yaourt brassé à la pulpe de courge musqué (*Cucurbita moschata*) et étudié ses propriétés physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

Le produit fini a été formulé suivant le processus de production de la laiterie SOUMMAM, afin d'obtenir la masse blanche qui va être incorporée avec des proportions différentes de la pulpe de courge préparée.

D'après l'étude effectuée, nous avons constaté que :

- Les résultats physicochimiques étaient satisfaisants par rapport à la réglementation de l'entreprise.

- Une conformité du point de vue microbiologique aux normes de l'entreprise, pour les matières premières, semi fini et produit fini.

- Le produit fini a décelé une quantité importante en composants phénoliques, protéiques et minérales grâce à l'enrichissement à la pulpe de courge.

- L'analyse sensorielle a montré une acceptabilité envers le yaourt brassé à 15% de pulpe de courge ayant 20% de sucre.

Et en perspectives, il serait intéressant

- D'approfondir l'étude des caractéristiques de la courge musquée.

- De valoriser la courge musquée dans l'industrie laitière vue sa richesse nutritionnelle.

Références

bibliographiques

A

Aggad H., Mahouz F., Ahmed Ammar Y., & Kihal M. (2009). Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest algérien. *Rev Méd Vét*, 160(12), 590-595.

AGIR, (2017). Mesure de la texture de la viscosité d'une pâte grâce au consistomètre de Bostwick [en ligne]. Agroalimentaire Innovation Recherche. [Consulté le 12/09/2021] Disponible sur l'adresse :

Ajila C.M., Naidu K.A., Bhat S.G., Prasada Rao U.J.S., (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105:982-988

Alais C., (1984). La micelle de caséine et la coagulation du lait. In *Science du lait : Principes des techniques laitières*. Paris : Ed. Sepaic, 4e ed., 723-764.

Amellal-Chibane H., (2008). Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université BOUMERDES. Pp. 164.

Amrouche F., (2012). Le YAOURT, Génie alimentaire.

Anonyme 1: <https://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/ma303alc10.pdf>

AOAC, (1998). Official Method of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Aoues K., Megateli S., Tabet M., Rezki I., Tefahi D., Benrima A., (2019). Détection des résidus d'antibiotiques dans le lait cru de vache collecté dans la région de Blida (Algérie). *Revue Agrobiologia*, 9(1): 1214-1222.

Ayar A., Gürlin E., (2014). Production and Sensory, Textural, Physicochemical Properties of Flavored Spreadable Yogurt. *Life Science Journal: Sakarya University, Engineering Faculty, Food Dep. Turkey* :11(4).

B

Bahorun T. (1997). Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. AMAS. Food and agricultural research council. Reudit. Mauritius.

Balkaya A., Kandemir D., (2015). An overview of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) growing in Turkey. *Azarian Journal of Agriculture (AJA)*. Samsun, Turkey. Vol (2) ISSUE 3, 57-64.

Beisson G., (2009). Spécification technique de l'achat public laits et produits laitiers groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEM RCN).

Blanco-Díaz M.T., Font R., Martínez-Valdivieso D., Del Río-Celestino M., (2015). Diversity of natural pigments and phytochemical compounds from exocarp and mesocarp of 27 *Cucurbita pepo* accessions. *Scientia Horticulturae*

Bourlioux P., (2007). Histoire des laits fermentés. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42, 9-14.

Bourlioux P., Braesco V., & Mater D. D. (2011). Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 46(6), 305-314.

Burillard L., Daumas V., Glaz M., Kouyoumdjian L., Lobrot S., Logier D., Mallot N., Marchand C. (2016). Les ferments alimentaires. Université de LORRAINE, ENSAIA. 63p.

Bylund G., (1995). Recombined milk products. In: *Dairy Processing Handbook* [enligne]. TetraPak. [06/09/2021]. Disponible à l'adresse : <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/recombined-milk-products>

C

Chamba J.F., (2009). Les bactéries lactiques : Histoires et perspectives. In : ECONOMICA. Bactéries Lactiques : Physiologie, Métabolisme, Génomique et Applications industrielles. Paris, 1- 14 (593).

Charby J., Hébel P., & Vaudaine S. (2017). Les produits laitiers en France : évolution du marché et place dans la diète. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 52, S25-S34.

ChimActiv, (2020) [en ligne]. Analyses d'une eau de source. Agro Paris Tech. <http://chimactiv.agroparistech.fr/fr/aliments/analyse-eau/theorie-illustree/9>

Cliquet J., (2015). La fabrication d'un yaourt à boire : Détermination de l'acidité du yaourt à boire.

CPEPESC, (2015). Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires. Paramètres physiques et chimiques de l'eau : indicateurs des pollutions.

D

Dari L., and Yaro N.S., (2016). Nutritional Composition and Storage of Butternut Squash, *Department of Agricultural Mechanization and Irrigation Technology. Faculty of Agriculture, University for Development Studies, Tamale- Ghana.* Vol.12, Issue. 1 (2016), pp. 25-31. www.journal.ghih.org

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

E

Enyoh Forkwa G., (2017). Boissons fermentées de type yogourt à boire enrichies en protéines de lactosérum et en probiotiques. Maîtrise en sciences et technologie des aliments. Université LAVAL, Québec, Canada : pp141 (18).

F

FOSS (2011). Milko Scan™ FT1 Standardisation du lait avec détection intégrée des adultérant.

G

García-Parra J., González-Cebrino F., Delgado J., Cava R., Ramírez R., (2016). High pressure assisted thermal processing of pumpkin purée: Effect on microbial counts, color, bioactive compounds and polyphenol oxidase enzyme. Spain. Food and bioproducts processing 98, 124-132.

GBIF Secretariat (2021). *Cucurbita moschata* (Duchesne) Duchesne ex Poir. In GBIF (Global Biodiversity Information Facility) Backbone Taxonomy. <https://doi.org/10.15468/39omei> [2021-09-06].

Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition GEMRCN (2009). LAIT ET PRODUITS LETIERS. Spécification technique n°B3-07-09 destinée à l'achat public, comité de l'OEAP. 47p

I

IGDA : inspection générale des denrées alimentaires 2001

ISO 7393-2 : 2017 (Fr). Qualité de l'eau — Dosage du chlore libre et du chlore total — Partie 2 : Méthode colorimétrique à la N, N-dialkylphénylène-1,4 diamine destinée aux contrôles de routine

J

Jameh N., (2012). Système protéolytique de surface de *Streptococcus thermophilus* : variabilité des capacités d'hydrolyse des caséines, caractérisation d'un nouveau système de transport de peptides. Faculté des Sciences et Techniques, Université de Lorraine : 228, 25.

Januário J.G.B., Da Silva I.C.F., De Oliveira A.S., De Oliveira J.F., Dionísio J.N., Klososki S.J., & Pimentel T.C. (2017). Probiotic yoghurt flavored with organic beet with carrot, cassava, sweet potato or corn juice: Physicochemical and texture evaluation, probiotic viability and acceptance. *International Food Research Journal*, 24(1).

Jeantet R., 2007. Science des aliments (biochimie, microbiologie, procédés, produits), Technologie des produits alimentaires. Pp 6- 7 (155).

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P., Brulé G., (2008). Les produits laitiers. Paris : 2 ème Ed. TEC & Doc-Lavoisier, p25

K

Kasamba Ilunga E., Ekwalinga Balaka M., Ilunga Nikulu J., Kalenga Mwenze K.P., Malangu Mposhy E.P., (2019). Perception et qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt probiotique fabrique et commercialise à Lubumbashi. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 9(1) :85-91.

Krimer-Malesevi V., Madarev-Popovic S., Vastag Z., Radulovic L., Pericin D., (2011). Phenolic Acids in Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seeds. *Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention*. Serbia. Pp 925- 932.

Kulkarni A.P., Aradhya S.M., (2005). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food chemistry* 93, 319-324.

L

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

Lebeda A., Widrlechner M. P., Staub J., Ezura H., Zalapa J., and Kristkova E. (2007). Cucurbits (Cucurbitaceae; Cucumis spp., Cucurbita spp., Citrullus spp.).

Lecerf J.M., (2020). Produits laitiers et risque cardio-métabolique. *Médecine des Maladies Métaboliques*, 14(8), 685-691.

Lecerf J.M., (2010). Les produits laitiers et le risque cardiovasculaire. Cahiers de nutrition et de diététique (45), 18- 26.

Luquet F.M., (1985). Lait et produits laitiers. Vache, Brebis, chèvre : Transformation et technologies- Paris : éd Technique et documentation-Lavoisier. 633p

M

MA. 303 – Alc 1.0, (2011). Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Détermination de l'alcalinité totale par titrage à l'acide nitrique dans l'eau : méthode par titrateur automatique. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 9p.

Mahaut M., Jeantef R., Brulé G., Schuck P., (2000). Les produits industriels laitiers. Paris, France : Technique et Documentation, 178p.

Makambala N'deke P.M., (2012). Contribution à l'étude de la conformité du lait sec microconditionné aux prescriptions réglementaires et normatives au Sénégal : Dakar. Université Cheikh Anta Diop De Dakar Ecole Inter-Etats Des Sciences Et Médecine Vétérinaires (E.I.S.M.V.). Pp 98, 32-46.

Mathieu J., (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Paris : Lavoisier, « Tec et Doc », 220 p

Molyneux P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219.

Ndiaye N.P., (2002). Contrôle de qualité de différentes marques de laits en poudre commercialisés au Sénégal. These: Pharm.: Dakar; 9

O

OECD (2016). “Squashes, pumkins, zucchinis and gourds (Cucurbita species)”, in Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 5: OECD Consensus Documents, Paris: OECD Publishing, pp 83- 149

Ouahchia C., Hamaidi-Chergui F., Hamaidi M.S., Saidi F., (2014). Preliminary investigation for consumer perceptions of drinking water quality in Tipaza (Algeria), Int. J. Innov. Appl. Stud., Vol.9, Issue 4, 1675-1686.

Pointurier H, (2003). La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France : 64, 388 p

R

Règlement (CE) n° 853/2004 du 29 avril 2004 fixant les règles d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale (JOUE du 25 juin 2004).

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

Ribereau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P., Ribereau-Gayon P., (1982). Composés phénoliques. « Traité d'œnologie, science et technique du vin », Ed. Dunod : 477-519.

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

Rodier J., (2005). L'analyse de l'eau. 8e édition. Ed DUNOD. Paris. 1384 p

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

S

Saint-Eve A, Mabilie A-C., Delarue J., (2017). Suçrage des yaourts : diversité des comportements et impact sur les apports en sucres. Cahiers de nutrition et de diététique. France :(52), 80-86.

Schlich P., Deglaire A., Cordelle S., Urbano., Biguzzi C., Martin C., (2010). Les préférences hédoniques pour le gras, mesures et variabilité. *Innovations Agronomiques*. Dijon - France; 95-114, p. 20.

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

V

Veselko D., (2019). Recherche des substances inhibitrices, test pour l'autorisation de reprise de livraisons de lait après un résultat défavorable. Comité du lait ASBL. Pp 6.

Vignola C., (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed. Lavoisier, Paris, 600p.

Y

Yildirim Ç., Kökbaş C., Sezer Z., Işık Ç., Güzeler N., (2014). Yogurt, Yogurt-Based Products and Their General Usages. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 1063-1066.

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

Annexe n°1 : Présentation de la laiterie SOUMMAM.

Présentation de la laiterie Soummam :

La Laiterie Soummam est une entreprise Algérienne qui a été fondée par Mr HAMITOUCHE Lounis en 1993 à Akbou, Wilaya de Bejaia. Depuis sa création, la société a connu un développement continu. Son parcours résumé en :

❖ Evolution de l'entreprise :

1993 : Création de la société avec un démarrage d'une seule ligne rénovée.

1995 : Soummam se modernise et acquiert de nouveaux équipements. La production passe à 300000 pots par jour et le personnel de 20 à 60 agents.

2000 : L'usine Soummam I a été installée dans la Zone industrielle TAHARACHT dans les environs d'Akbou Wilaya de Bejaia. Investir dans trois lignes nerves.

2001 : Acquisition de nouveaux équipements pour hisser la production à 1000000 pots par jour avec 184 salariés.

2002 : Acquisition d'un nouveau terrain à côté de l'usine et construction d'un deuxième bâtiment Soummam l'investir dans 6 nouvelles lignes de production.

2003 : Mise en exploitation d'une nouvelle chaîne destinée à fabriquer le fromage frais et augmenter les capacités de production de lait gélifié et crème dessert. La capacité journalière passe alors à 2400000 pots par jour. L'effectif passe à 315 employés.

Mars 2004 : La capacité de production journalière à ce jour est de 3200000 pots par jour, après la mise en service d'équipements nouveaux, pour le yaourt brassé en Mars 2004, avec 383 employés.

Septembre 2004 : La laiterie a réalisé une extension pour produire le yaourt à boire.

2005 : Acquisition d'un nouveau terrain à côté de l'usine et construction d'un troisième bâtiment Soummam3.

Mai 2006 : Sa capacité de production est passée à 3500000 pots / jours avec la production de yaourt bio.

2008-2013 : Construction d'un 4eme bâtiment Soummam 4, investir dans plusieurs nouvelles lignes de production.

2015 : La Construction d'un 5eme bâtiment Soummam5.

2018 : Lancement de la production et la commercialisation de spécialités fromagères fondues et préparations fromagères. Elle a atteint sur ces deux dernières (gammes) un nombre de 14 références (en portions, barre et mini-barre), dont la dernière marque lancée sur le marché est nommée Top Souma.

Actuellement, l'unité de production Soummam dispose d'une riche gamme composée de plus de 183 références de différents produits se déclinant en une grande variété d'arômes, de fruits, d'emballages (pot, boites, bouteille, Tétra pack) et de conditionnements (30g, 45g, 70 g, 90g, 100g, 125g, 170g, 240g, 320g, 500g,600g, 900 g,1kg, 1kg 800 ,160ml, 200ml, 500 ml, 1l ...).

L'unité de production Soummam est dotée des laboratoires de contrôle de qualité ayant des équipements moderne répondant aux normes internationales en matière de conception, d'hygiène et de productivité. Ils se présentent en deux services :

- Service de traitement des eaux : assure la bonne qualité de l'eau de procès.
- Service contrôle de la qualité : qui assure :
 - Les analyses physico-chimiques de la matière première, du produit au cours de la production et du produit fini.
 - Les analyses microbiologiques de la matière première, du produit au cours de la production et du produit fini.

- **Gamme :**

L'entreprise Soummam dispose d'une riche gamme composée de plus de 183 références de différents produits se déclinant en une grande variété d'arômes, de fruits, d'emballages (pot, boites, bouteille, Tétra pack) et de conditionnements (30g, 45g, 70 g, 90g, 100g, 125g, 170g, 240g, 320g, 500g,600g, 900 g,1kg, 1kg 800 ,160ml, 200ml, 500 ml, 1l ...).

- **Positionnement sur le marché Algérien :**

Avec une production et une commercialisation de près de 1 800 T/Jr et une capacité de production annuelle de plus de 1 200 000 T/AN, répartie sur deux sites de production, lesquels abritant 45 lignes de production, Soummam est le leader incontesté dans son créneau sur le marché Algérien avec une part de marché de plus de 48 %.

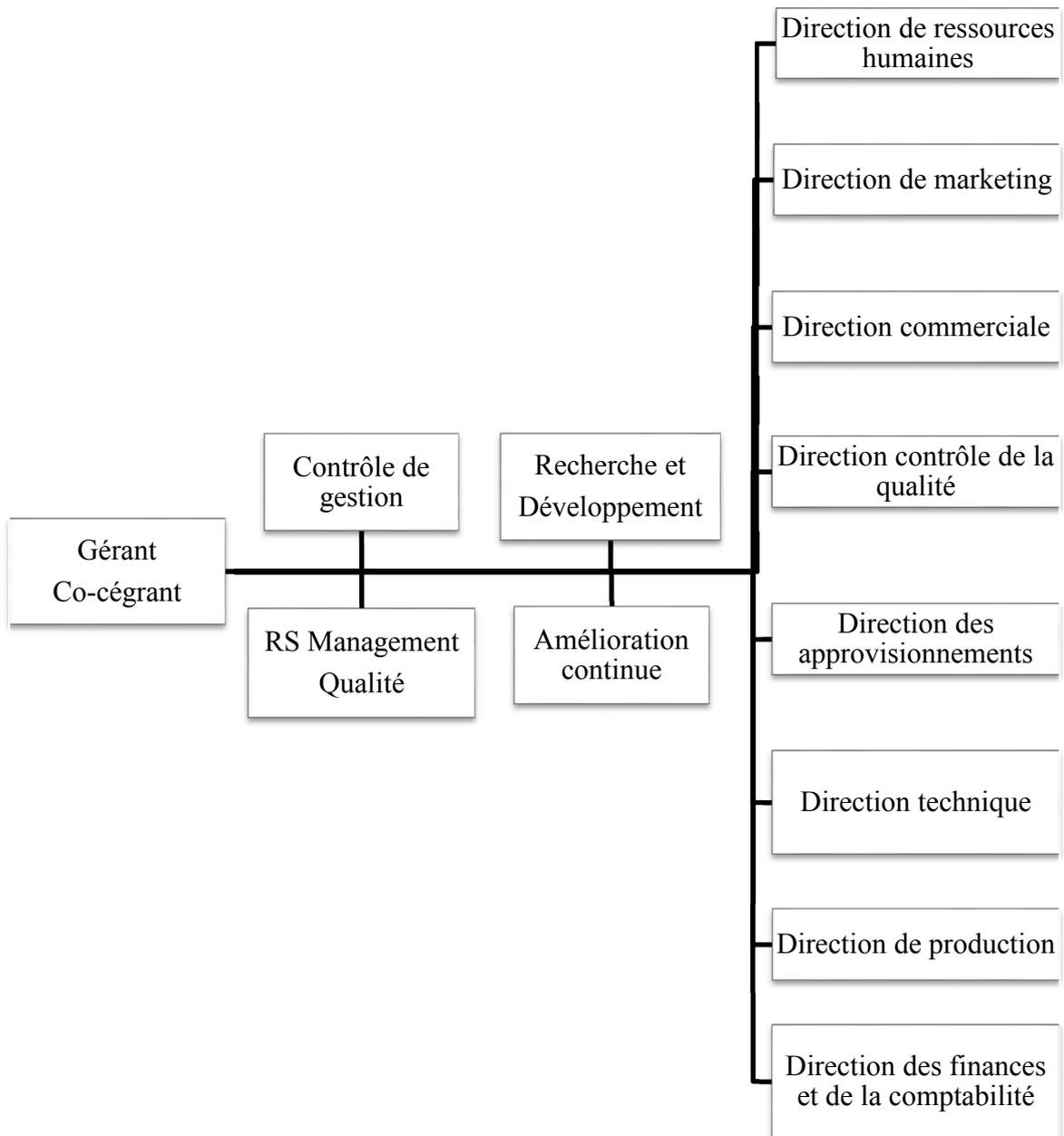


Figure : Organigramme général de la laiterie SOUMMAM.

Annexe n°2 : Matériel et appareillages

Matériel	Produits chimiques	Appareils
<ul style="list-style-type: none"> - Bécher - Anse de platine - Tube à essai - Boîtes pétri - Flacons - Seringues - Pipettes pasteur - Bec Bunsen - Micropipette - Pipettes - Spatule en inox - Coupelles en Aluminium - Butyromètre - Thermomètre - Embout en plastique - Ampoule 	<ul style="list-style-type: none"> - Eau distillée - Solution soude N/9 - Solution soude N/10 - Alcool iso amylique - Acide sulfurique (D= 1.82) - Phénolphtaléine - Chromate de potassium - Solution AgNO₃ - Solution tampon - Réactif DPD - Indicateur noir iochrome - Méthyl orange - Eau distillée stérile 	<ul style="list-style-type: none"> - Consistomètre de Bostwik - Réfractomètre ATAGO - Balance - Balance analytique - Thermo-mix - pH-mètre HANNA - Dessiccateur - Incubateur (30°C, 37°C, 44°C) - Viscosimètre - Centrifugeuse - Delvo incubateur - Bain marie - Conductimètre - Spectrophotomètre - Minuterie

Annexe n°3 : Analyse sensorielle d'un yaourt brassé

(Panel expert)

Quatre échantillons de yaourt brassé sont présentés devant vous, il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques en attribuant une note de 1 à 5, selon l'échelle présenté ci-dessous :

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

1. La couleur du yaourt

- 1. Blanc
- 2. Beige
- 3. Jaune
- 4. Saumon
- 5. Orange

A	B	C	D

2. L'odeur du yaourt

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

A	B	C	D

3. L'arôme du yaourt (sensation en bouche)

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

A	B	C	D

4. La sucrosité du yaourt

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

A	B	C	D

5. L'acidité du yaourt

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

A	B	C	D

6. La quantité du fruit dans le yaourt

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

A	B	C	D

7. Fruit identifié

- 1. Absent
- 2. Mangue
- 3. Abricot
- 4. Courge
- 5. Non identifié

A	B	C	D

8. Texture du yaourt en bouche

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

A	B	C	D

9. Consistance du yaourt

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

A	B	C	D

10. Préférence

Attribuer une note 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 :

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

A	B	C	D

Annexe n°4 : Analyses hédonique d'un yaourt brassé

(Panel consommateur)

Date :

Sexe :

F	H
----------	----------

Age :

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

Quatre échantillons de yaourt brassé sont présentés devant vous, il vous est demandé de déguster chaque échantillon et d'attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence, suivant l'échelle ci-dessous :

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

A	B	C	D

Résumé

Notre étude consiste en l'élaboration d'un yaourt brassé à la pulpe de courge au sein de la laiterie SOUMMAM, dans le but d'enrichir ce produit laitier en nutriments.

La pulpe de courge, les matières premières (lait cru, PDL 26%, eau de process, sucre), le produit semi fini, ainsi que le produit fini ont été analysés du point de vue propriétés physico-chimiques et microbiologiques, teneurs en antioxydants (composés phénolique totaux, flavonoïdes, caroténoïdes) et activités antioxydants. Les résultats obtenus sont conformes aux normes de l'entreprise et révèlent un produit fini de bonne qualité physicochimique et microbiologique. Selon l'évaluation sensorielle effectuée, le yaourt brassé incorporé à raison de 15% de la pulpe de courge préparée F3 est très bien apprécié par le consommateur.

En effet, l'addition de la pulpe de courge dans le yaourt brassé a permis d'obtenir un yaourt enrichi en composées phénoliques et en caroténoïdes.

Mots clés: analyses physicochimiques et microbiologique, analyse sensorielle, pulpe de courge, Yaourt brassé.

Abstract

Our study consists on elaboration of stirred yoghurt with pumpkin pulp in SOUMMAM dairy factory, to enrich this dairy product with nutrients.

The pumpkin pulp, raw materials (raw milk, PDL 26%, process water, sugar), semi-finished product, as well as the finished product were analysed for physicochemical and microbiological properties, antioxidant contents (total phenolic compounds, flavonoids, carotenoids) and antioxidant activities. The results obtained are in accordance with the company's standards and reveal a good physicochemical and microbiological quality of this product. According to the sensory evaluation carried out, the stirred yoghurt incorporated with 15% of the prepared F3 pumpkin pulp is very well appreciated by consumers.

Indeed, the addition of pumpkin pulp in the stirred yoghurt allowed to obtain a enriched yoghurt in phenolic compounds and carotenoids.

Key words: physicochemical and microbiological analysis, sensory analysis, pumpkin pulp, stirred yoghurt.