

Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Elaboration d'un yaourt enrichi
avec le pollen**

Présenté par :

AIROUCHE Sonia & ALLOU Zoubida

Soutenu le : **21 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Mme GUENDOUZE Naima
Mme OUCHEMOUKH Nadia
Mme FELLA Samira

MCB
MCA
MAA

Président
Encadreur
Examineur

Année universitaire : 2017 / 2018



Dédicaces

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail :

A ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A mes chères sœurs : *Rekia, Cylia et Kafïa,*

A mon unique cher frère *Kiki,*

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux.

A la mémoire de mes grands parents , mon oncle *Rabah, Dada Madjid et Tania,*

Qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

A toute ma famille : je cite en particulier ma grande mère paternelle, mes tantes ainsi que mes cousins et cousines.

A mes chères ami(e)s que j'aime beaucoup, avec qui j'ai passé des moments inoubliable : *Makhlouf, Kamelia, Samira, Kahina, Chafia, Sabrina, Amira, Dyhia.A, Cyria, Dyhia.H, Lamia, Dalila, hadjira, Salwa, siham,kounou, nawel, Imane et Radia.* Merci d'être toujours là pour moi.

A ma camarade, *Zoubida* et toute sa famille,

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SONIA





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes très chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amour, leurs tendresse et leurs soutien, que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux.

Mon cher frère *Amar*, sa femme *Souad* et leur petit enfant *Idir*.

Mes chères sœurs *Nacira*, *Hayette* et *Chafiaa* pour leurs encouragements permanents, et leurs soutien au long de mon parcours universitaire, Merci d'être toujours là pour moi.

Toute ma famille, je cite en particulier ma chère cousine et amie *Kamila*,

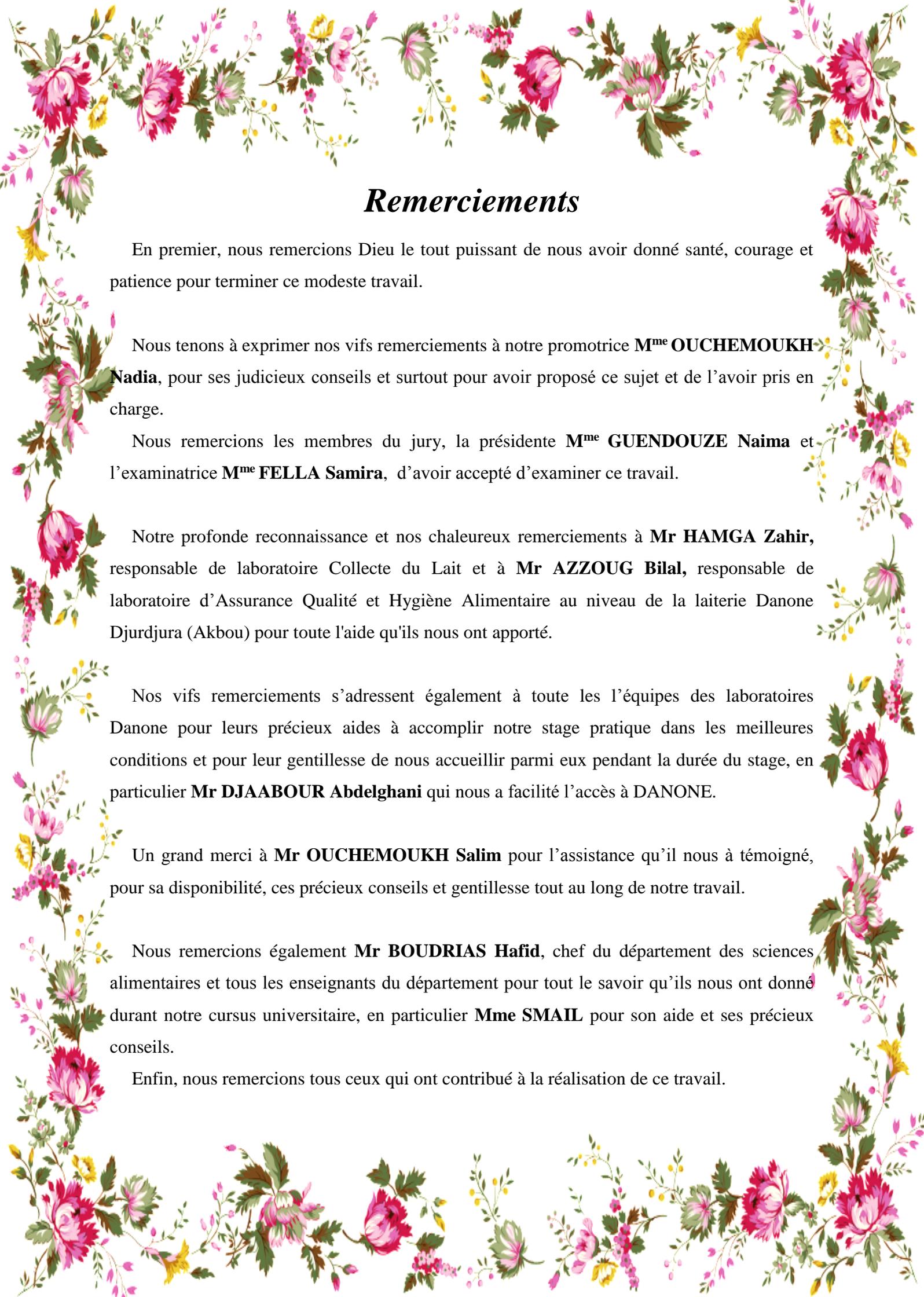
A mes meilleures amies: *Yasmine*, *Hassina*, *Fatiha*, *Tina*, *Mitchi*, *Jeremy*, *Mima*, *Radia* et *Imane* qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études.

A ma chère collègue *Sonia* et à toute sa famille.

A toute personne qui me soit chère à cœur.

Zoubida





Remerciements

En premier, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné santé, courage et patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice **M^{me} OUCHEMOUKH Nadia**, pour ses judicieux conseils et surtout pour avoir proposé ce sujet et de l'avoir pris en charge.

Nous remercions les membres du jury, la présidente **M^{me} GUENDOUZE Naima** et l'examinatrice **M^{me} FELLA Samira**, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Notre profonde reconnaissance et nos chaleureux remerciements à **Mr HAMGA Zahir**, responsable de laboratoire Collecte du Lait et à **Mr AZZOUG Bilal**, responsable de laboratoire d'Assurance Qualité et Hygiène Alimentaire au niveau de la laiterie Danone Djurdjura (Akbou) pour toute l'aide qu'ils nous ont apporté.

Nos vifs remerciements s'adressent également à toute les l'équipes des laboratoires Danone pour leurs précieux aides à accomplir notre stage pratique dans les meilleures conditions et pour leur gentillesse de nous accueillir parmi eux pendant la durée du stage, en particulier **Mr DJAABOUR Abdelghani** qui nous a facilité l'accès à DANONE.

Un grand merci à **Mr OUCHEMOUKH Salim** pour l'assistance qu'il nous à témoigné, pour sa disponibilité, ces précieux conseils et gentillesse tout au long de notre travail.

Nous remercions également **Mr BOUDRIAS Hafid**, chef du département des sciences alimentaires et tous les enseignants du département pour tout le savoir qu'ils nous ont donné durant notre cursus universitaire, en particulier **Mme SMAIL** pour son aide et ses précieux conseils.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Sommaire

Liste des abréviations
Listes des figures
Liste des tableaux
Listes des annexes

Introduction.....1

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le pollen

1. Définition.....	2
2. Présentation du pollen.....	2
3. Types de pollen et Pollinisation.....	3
4. Caractéristiques physico-chimiques de pollen récolté par les abeilles.....	3
5. Composition du pollen.....	3
6. Récolte du pollen.....	6
7. Séchage et Conservation du pollen.....	7
8. Propriétés et usages du pollen.....	7

Chapitre II : Généralités sur le Yaourt

1. Historique.....	9
2. Définition.....	9
3. La composition chimique du yaourt.....	10
4. Les bactéries spécifiques du yaourt.....	10
5. La proto-coopération entre <i>St. thermophilus</i> et <i>Lb. Bulgaricus</i>	12
6. Technologie du yaourt.....	13
7. Intérêt nutritionnels et thérapeutiques.....	15

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal.....	17
2. Extraction.....	18
3. Dosage des antioxydants.....	18
4. Evaluation de l'activité antioxydante.....	19
5. Analyses physico-chimiques.....	21
6. Formulation d'un yaourt diététique avec du pollen.....	22
7. Analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'un yaourt diététique avec du pollen.....	26

Résultats et discussion

1. Dosage des antioxydants d'extrait de pollen.....	31
2. Evaluation de l'activité antioxydante.....	32
3. Analyses physico-chimiques d'extrait de pollen.....	33
4. Formulation et analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'un yaourt diététique avec du pollen.....	34
4.1. Formulation du yaourt enrichi au pollen.....	34
4.2. Analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du yaourt élaboré.....	36
Conclusion et Perspectives	43

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

ABTS : 2,2-azobis-ethylbenzothiazoline-6-sulphonique.

AFNOR: Association Française de Normalisation.

BSA : Bovine Sérum Albumine.

CIDIL: Centre Interprofessionnel de Documentation et d'Information Laitière.

DDA : Danone Djurdjura Algérie.

DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl.

E β C : Equivalents de β - carotène.

EBSA : Equivalents de Bovine Sérum Albumine.

EC : Equivalent Catéchine.

EGA : Equivalents d'Acide Gallique.

EST : Extrait Sec Total.

FAO: Food and Agriculture Organization.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

Lb : *Lactobacillus*.

MG : Matière Grasse.

OGA: Oxytetracycline Glucose Agar.

PCA: Plate Count Agar.

PPT: Polyphénols totaux.

St: *Streptococcus*.

subsp: Sous-espèces.subspecies.

VRBG: Violet Red Bile Glucose Agar.

Liste des figures

Figures	Titre	Page
Figure 1	Photographie montrant les différentes couleurs de pollen	02
Figure 2	Composition générale moyenne du pollen frais	04
Figure 3	Photographie d'une trappe à pollen	07
Figure 4	Aspect des cellules de <i>Lb. bulgaricus</i> sous le microscope électronique	11
Figure 5	Aspect des cellules de <i>St. thermophilus</i> sous le microscope électronique.	12
Figure 6	Schéma de la symbiose bactérienne	12
Figure 7	Photographie du pollen en pelotes	17
Figure 8	Photographie d'extraction et filtration d'extrait de pollen	18
Figure 9	Schéma du principe de réduction de DPPH	20
Figure 10	Forme oxydée et réduite de l'ABTS ^{•+}	20
Figure 11	Diagramme de la technologie de fabrication d'un yaourt étuvé enrichi au pollen	23
Figure 12	Diagramme de la technologie de fabrication d'un yaourt brassé enrichi au pollen	24
Figure 13	Photographies des étapes de fabrication de yaourt élaboré	26
Figure 14	Photographie des résultats du test d'ABTS	33
Figure 15	Photographie montrant la décantation du pollen dans le yaourt élaboré	35
Figure 16	Pouvoir discriminant par descripteur	39
Figure 17	Coefficients des modèles des échantillons	40
Figure 18	Corrélations entre les variables et les facteurs	42

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I	Quelques vitamines présentes dans le pollen en (mg /100g) les apports journalier recommandé (mg/jour)	05
Tableau II	Les compositions du lait demi écrémé et du yaourt fabriqué à partir du même lait	10
Tableau III	La recette du yaourt formulé	25
Tableau IV	Ensemble des germes recherchés et dénombrés du yaourt élaboré	30
Tableau V	Résultats des teneurs du pollen en antioxydants	31
Tableau VI	Résultats des tests antiradicalaires	32
Tableau VII	Teneurs en protéines et en brix du pollen analysé	33
Tableau VIII	Paramètres physico-chimiques du yaourt brassé au pollen et de la masse blanche	36
Tableau IX	Résultats microbiologiques du yaourt élaboré	38
Tableau X	Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts	39
Tableau XI	Moyennes ajustées par produit	41

Liste des annexes

Annexe	Titre
Annexe 01	Présentation de l'organisme d'accueil
Annexe 02	Diagramme de fabrication des deux types de yaourt
Annexe 03	Récapitulatif des propriétés thérapeutiques du pollen
Annexe 04	Récapitulatif des propriétés thérapeutiques du yaourt
Annexe 05	Courbes d'étalonnage
Annexe 06	Courbes d'étalonnage
Annexe 07	Questionnaire

Introduction

Introduction

Le lait se prête à de très nombreuses transformations et donne naissance à une multitude de produits laitiers qui sont au cœur de notre alimentation : laits, fromages, yaourts, beurres, crèmes, desserts lactés et autres produits laitiers (**Bourlioux et al., 2011**).

Le yaourt a une histoire traversant le temps. Aujourd'hui, le nombre de travaux de recherche sur yaourt et santé a augmenté de façon exponentielle. Des études épidémiologiques ont montrées que la consommation de yaourts est associée à des profils alimentaires sains, faisant de lui un marqueur universel de qualité de la diète (**Goulet, 2017**).

De nos jours, les produits apicoles (miel, gelée royale, propolis, cire ou pollen d'abeille) gagnent une grande importance en raison de la présence de composés bioactifs associés à des propriétés bénéfiques pour la santé. Le pollen d'abeille en particulier attire l'attention en tant qu'aliment fonctionnel pour la consommation humaine en raison de sa teneur élevée en composés ayant des effets bénéfiques pour la santé (**Ares et al., 2018**), tels que les acides aminés essentiels, les composés phénoliques, les vitamines et les pigments qui peuvent agir comme des antioxydants puissants (**Kieliszek et al., 2017**).

Dans le cadre de l'exploitation de la valeur alimentaire et thérapeutique du pollen, on a proposé de fabriquer un yaourt supplémenté de ce dernier; pour enrichir le yaourt, cet aliment de grande consommation, en éléments nutritifs et en facteur anti-oxydants apportés par le pollen. Notons aussi, que le yaourt a aussi une très bonne valeur nutritionnelle, ajoutée à celle du pollen. Le produit finis serait d'une excellente valeur alimentaire et thérapeutique.

Notre travail contient deux grandes parties: Une synthèse bibliographique et une partie expérimentale, la synthèse bibliographique répartie en deux chapitres; le premier chapitre, présente le pollen, sa composition, ses propriétés, sa récolte et sa valeur nutritionnelle et thérapeutique. Le deuxième chapitre, présente le yaourt, ses propriétés et son processus de fabrication.

La partie expérimentale est dédiée à l'élaboration de yaourt, suivie de la discussion des différents résultats obtenus.

Chapitre I : Généralités sur le pollen

Chapitre I: Généralités sur le pollen

1. Définition

Le mot pollen dérive du grec: «Palê», ce mot désignait à la fois la farine et la poussière pollinique (**Donadieu, 1983**).

Le pollen est l'élément reproducteur mâle des plantes à graines. Il représente une multitude de corpuscules microscopiques contenus dans les sacs polliniques de l'anthere des fleurs, constituant les éléments fécondants mâles de celles-ci (**Charpin, 2004**). Il se présente sous forme d'une fine poussière dont la couleur varie selon la plante d'origine en allant du blanchâtre au rose, du jaune au vert et du rouge au marron foncé voir (figure 1) (**Ravazzi, 2003**).

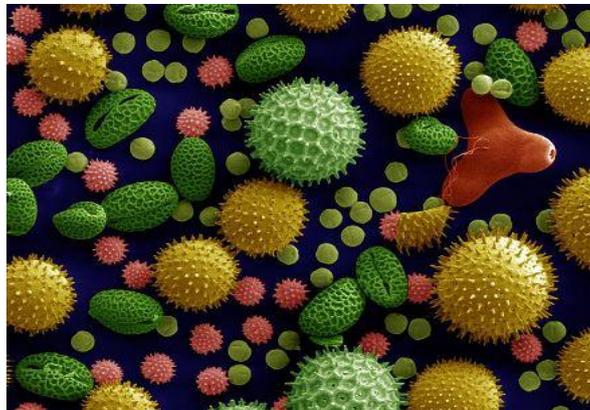


Figure 1: Photographie montrant les différentes couleurs de pollen (**Anonyme 1, 2018**)

2. Présentation du pollen

Le pollen, petits éléments sphériques ou ovoïdes, qui mesure 2,5 à 220 microns. Il est «l'empreinte digitale» de la fleur puisque chaque plante à fleurs en produit un de spécifique (**Donadieu, 1983 ; Blanc, 2010**).

Le pollen est un élément très important, même vital pour la vie de la ruche puisqu'il est le premier aliment des abeilles, le miel n'arrivant qu'au second rang. C'est pourquoi il est appelé « le pain des abeilles » ou « beefsteak des abeilles ». De cette constatation, des études quant à ses vertus ont été lancées à la fin du XIX^{ème} siècle par des chercheurs dans différents pays (USA, Japon, Scandinavie, France), mais ce n'est réellement qu'à partir des années 50 que des études analytiques ont été entreprises.

Toutefois, il provoque quelques craintes pour être la cause des allergies, rhumes des foins et crises d'asthme au printemps (**Bogdanov, 2014**).

3. Types de pollen et pollinisation

La pollinisation est une fécondation assurée au moment de la floraison, où il y'aura l'ouverture de l'anthere pour libérer le pollen qui va rencontrer le stigmate des pistils afin d'atteindre l'ovaire. Elle peut être soit directe (autofécondation) ou bien indirecte (croisée). Cette dernière assure deux types de pollen, les pollens anémophiles et entomophiles.

Les pollens anémophiles sont plutôt produits par des végétaux à fleurs inodores et se propagent dans l'atmosphère, donc facilement en contact avec les muqueuses oculaires et nasales et inhalés par les voies respiratoires. Ces pollens sont plus abondants et à l'origine des réactions allergiques.

Les pollens entomophiles qui sont surtout produits par des végétaux à fleurs colorées et parfumées, ces types de pollens se propagent peu dans l'atmosphère car sont particulièrement transportés par les insectes et notamment les abeilles (**Darrigol, 1979**).

4. Caractéristiques physico-chimiques du pollen récolté par les abeilles

La couleur, l'apparence, l'odeur et le goût du pollen varient fortement selon l'origine des plantes butinées (**Biri, 2002**).

- ❖ Couleur : le plus souvent jaune ; il existe aussi des pollens dans les nuances de couleurs les plus diverses (par ex. orange, rouge, bleu, violet).
- ❖ Apparence : gros grains (pelotes de pollen).
- ❖ Odeur : semblable au foin.
- ❖ Goût : doux, acide, amer, fort.

Il faut être attentif aux défauts typiques, comme les odeurs et goûts étrangers dus à une fermentation, à des moisissures (par ex. moisi, fermenté, rancis,) et aux contaminants (**Campos et al., 2008**).

5. Composition du pollen

Le pollen est constitué d'une multitude de grains minuscules, chaque petit grain est une unité biologique parfaite et complète (**Ravazzi, 2003**). Il comprend toute une gamme de nutriments (glucides, lipides, protéines, acides aminés) voir (figure 2). Il est considéré comme une source importante de métabolites secondaires tels que les composés phénoliques et les flavonoïdes (**Arràez-Romàn et al., 2007**). La composition du pollen est très variable, principalement en fonction des plantes visitées par les abeilles mais également en fonction de l'origine géographique (**Bogdanov, 2014**).

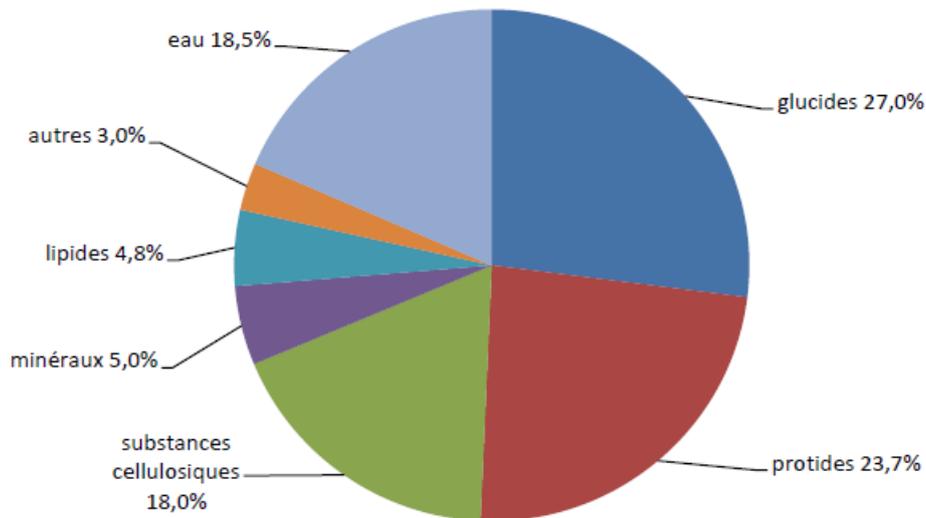


Figure 2: Composition générale moyenne du pollen frais (Bruneau, 2009)

5.1. Eau

La teneur en eau est différente selon que l'analyse est pratiquée avant ou après séchage en vue de sa bonne conservation (Donadieu, 1983). On retrouve 4% d'eau dans le pollen asséché et 10 à 12% dans le pollen frais (Blanc, 2010).

5.2. Glucides

Les glucides sont les composants principaux du pollen. Une grande partie de ces composés sont des polysaccharides comme l'amidon, la pectine et la cellulose. On y trouve aussi du fructose, glucose et saccharose qui représentent environ 90 % de toutes les sortes des sucres à bas poids moléculaire, bien que les proportions des différents sucres varient d'une plante à l'autre (Bogdanov, 2006).

5.3. Protéides

Le pollen est considéré comme un aliment protéinique avec un pourcentage moyen de 20%, dont une grande partie se trouve sous forme d'acides aminés (ou amino-acides). Il contient les huit acides aminés indispensables à la vie que notre organisme ne peut pas synthétiser (la méthionine, l'histidine, la leucine, la thréonine, la phénylalanine, l'isoleucine, la lysine, le tryptophane et la valine) (Donadieu, 1983).

5.4. Lipides

Les lipides sont retrouvés essentiellement au niveau de l'exine parmi lesquels des phospholipides, des acides gras libres (acide linoléique, linoléique et arachidonique), des

glycérides, des stérols, des terpènes, entrant dans la composition de certaines huiles essentielles, ou encore des hydrocarbures (**Blanc, 2010**).

5.5. Vitamines

Le pollen contient des vitamines en grand nombre, les plus abondantes sont du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8, B9, B12), de la provitamine A ou de β -carotène. Par ailleurs, des très faibles quantités de vitamine C, vitamine D et E sont retrouvées (**Sauvager, 2012**). Voici quelques teneurs de pollen en vitamines représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau I : Quelques vitamines présentes dans le pollen en (mg /100g) et les apports journalier recommandé (mg/jour) (**Massaux, 2016**)

Vitamines	mg/ 100g	Apport journalier recommandé (mg/jour)
β -carotène (provitamine A)	1-20	0,9
B1 (thiamine)	0,6-1,3	1,1
B2 (riboflavine)	0,6-2,6	1,3
B3 (niacine)	4-14,4	15
B5 (acide panthoténique)	0,5-2	6
B6 (pyroxidine)	0,2-0,7	1,4
C (acide ascorbique)	7-56	100
H (biotine)	0,05-0,07	0,045
Acide folique	0,3-1	0,4
E (tocophérols)	4-32	13

5.6. Substances minérales et oligo-éléments

La concentration en minéraux est environ 5 %, elle varie en fonction de l'origine florale et de la saison (**Amigou, 2016**). Les éléments présents sont le calcium, le chlore, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, le silicium, le soufre, ainsi que le sélénium, un antioxydant très rare (**Dancy, 2015**).

5.7. Composés phénoliques

Les teneurs en polyphénols sont très élevées dans le pollen. Ce sont des polyphénols à chaîne courte tels que les flavonoïdes dont les propriétés sont bien étudiées (**Arràez-Romàn et al., 2007**). Les études menées en 1991 montrent que le pollen est très riche en flavonoïdes (**Percie Du Sert, 2009**).

5.8. Substances divers

Le pollen renferme un certain nombre d'enzymes telles que l'amylase et la catalase qui proviennent des sécrétions salivaires ajoutées par les abeilles, l'invertase, et certaines phosphatases (**Massaux, 2016**).

- Une substance accélératrice de la croissance et des substances antibiotiques actives sur toutes les souches de Colibacilles et certaines de Proteus et Salmonelles.
- La rutine qui augmente la résistance capillaire.
- On y trouve aussi des coenzymes, stérols, des arômes et des huiles volatiles, et de nombreux pigments.
- Un très faible pourcentage de substances encore indéterminées mais qui peuvent avoir une grande importance (**Donadieu, 1983 ; Sebaoui, 2009**).

6. Récolte du pollen

6.1. Récolte du pollen par les abeilles

Les plantes qui ont besoin des abeilles pour transférer leur pollen doivent pouvoir les attirer et c'est avec le nectar et le pollen des fleurs qu'elles encouragent les abeilles à leur rendre visite (**Bradbear, 2010**).

L'anatomie des abeilles est parfaitement adaptée à la collecte du pollen et à son stockage dans des corbeilles placées à l'arrière des pattes des abeilles butineuses qui peuvent ainsi le transporter au nid voir (figure 4) (**Biri, 2002**).

Une fois dans le nid-d'abeilles, la butineuse peut se maitre à danser pour signaler aux autres abeilles l'endroit où se trouve la source de pollen, puis elle décharge son butin dans une alvéole généralement proche des larves en développement (**Bradbear, 2010**). Une abeille récolte son pollen à partir d'une seule espèce de plante par contre la colonie d'abeilles prend son pollen d'une grande variété de plantes, ce qui garantit la variété du régime alimentaire de la colonie (**Goût et Jardel, 1998**).

6.2. Récolte du pollen par l'homme

La récolte du pollen se fait par le biais d'une grille posée à l'entrée de la ruche et dont la taille est parfaitement calibrée pour en récupérer une quantité optimale, et ceci sans mettre en danger la survie de la ruche (**Blanc, 2010**). Les trous sont si petits qu'en passant, les abeilles perdent leurs pelotes de pollen qui tombent à travers un fond grillagé empêchant les abeilles de les récupérer voir (figure 3). Egalement, cette récolte doit se faire

lors des périodes où la reine pond le moins pour maintenir la croissance du couvain (**Mutsaers et al., 2005**).



Figure 3: photographie d'une trappe à pollen (**Gauthier, 1997**)

7. Séchage et conservation du pollen

Les pelotes de pollen non séchées s'avarièrent et moisissent très rapidement. Afin d'éviter tout développement des levures et moisissures, il faut procéder au séchage à 42-45°C. Cette température est optimale pour sécher rapidement le pollen, il faut éviter de dépasser une température de 48°C. Des températures supérieures changent la constitution du pollen en détruisant certains composants. Il sera ensuite stocké dans un endroit sec à l'abri de la lumière et de la chaleur pour limiter les risques d'insectes, d'acariens ou des processus d'oxydation (**Philippe, 2007**). Il peut être congelé le jour de sa récolte pour conserver ses propriétés (**Blanc, 2010**).

8. Propriétés et usages du pollen

Le pollen est un supplément nutritionnel très précieux pour les êtres humains en raison de la variété de ses principaux constituants (**Bradbear, 2010**), voir annexe 03.

1.8.1. Action tonifiante, stimulante et métabolique du pollen

Le pollen, grâce à sa constitution, est bénéfique en cas de carences en vitamines, minéraux, acides aminés notamment lors de la grossesse ou de l'allaitement. Il permet aussi de renforcer l'organisme lors de certaines affections comme la grippe saisonnière (**El Hady et al., 1986**). Le pollen participerait à réguler l'alimentation des personnes obèses ou maigres (**Bogdanov, 2014**).

8.2. Action anti-oxydante

La richesse du pollen en antioxydants (provitamine A, vitamines E et C, sélénium, flavonoïdes) lui confère une action de « free radical scavenger ». Le pollen est l'aliment

naturel le plus riche en sélénium qui est un cofacteur pour la glutathion peroxydase, agit contre le vieillissement accéléré des cellules en éliminant les radicaux libres et le peroxyde d'hydrogène, causes de maladies cardio-vasculaires ou de cancers (Apimondia, 2001 ; Nagai *et al.*, 2005).

8.3. Action antibactérienne du pollen

Des études ont démontré l'effet bactériostatique et bactéricide des pollens quelque soit leur origine géobotanique. *In-vitro*, la croissance de certaines souches est inhibée : *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* (Apimondia, 2001).

8.4. Action digestive et anti-inflammatoire du pollen

Riche en protéines et acides aminés, le pollen déclenche une forte sécrétion gastrique d'acide lors de son ingestion. Egalement, la microflore apportée par celui-ci aiderait à l'équilibre de la flore intestinale et assurerait le transit grâce à la présence d'amidon et de fibres alimentaires cellulosiques. De plus, il exercerait une action anti-inflammatoire selon une étude menée chez le rat (Bogdanov, 2014).

8.5. Action cardio-vasculaire du pollen

Chez l'animal, on a observé une diminution de l'agrégation plaquettaire, de la cholestérolémie et de l'épaisseur de la plaque athéromateuse au niveau des artères. Ceci est possible grâce à la présence de vitamines B6 et B9 bénéfiques dans l'artériosclérose et de rutine qui prévient la formation des caillots sanguins. L'association de vitamine E, de potassium, de magnésium et de la faible teneur en sodium contribue également à son action cardio-protectrice (Cherbuliez *et al.*, 2003).

8.6. Autres utilisations du pollen

Le pollen est utilisé pour les programmes de sélection des plantes, pour la pollinisation, il peut être stocké pour nourrir les abeilles en période de pénurie, il peut aussi servir à l'étude des réactions allergiques tels que le rhume, et pour le suivi de la pollution environnementale par le dosage des métaux lourds (Bradbear, 2010).

Chapitre II : Généralités sur le yaourt

Chapitre II: Généralités sur le yaourt

1. Historique

Le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) originaire d'Asie, vient de yoghurmark, mot turc signifiant (épaissir) (**Tamime et Deeth, 1980**).

Depuis la domestication de la chèvre (environ 13000 ans), puis de la vache (4000 ans plus tard), le lait devient un important produit alimentaire pour l'Homme. Il est estimé que les premiers yogourts et produits laitiers fermentés datent d'environ 8000 ans, fabriqués totalement par hasard. En effet, les populations nomades transportaient le lait dans des sacs en peau de chèvre, une peau couverte de bactéries responsables de la fermentation du lait. Il a été constaté une différence de texture entre le lait cru et le même fermenté. Contrairement au lait cru qui périmait rapidement, ce nouveau produit était bien moins dangereux, du fait qu'il se conservait plus longtemps dans des conditions parfois difficiles (**Yildiz, 2010**).

Dans les pays occidentaux, l'usage des laits fermentés s'est répandu depuis le début du siècle, époque où METCHNI-KOFF publia ses travaux désormais célèbre sur les causes du vieillissement. Pour lui, la sénilité précoce résulte de la présence, dans l'intestin, des produits de putréfaction. La consommation des laits fermentés, en modifiant le pH du milieu intestinal, entrave l'action des bactéries putréfiantes. Cette théorie fut à l'origine du grand succès commercial rencontré par le yoghurt (**Veisseyre, 1975**).

2. Définition

Selon l'article 2 et l'article 4 du JORA, le yaourt est définie comme le produit laitier coagulé, obtenu par fermentation lactique grâce au développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *streptococcus thermophilus*, à partir de lait et de produits laitiers tels que le lait pasteurisé, du lait reconstitué ou recombinaison pasteurisé, écrémé ou non, du lait concentré ou du lait sec écrémé ou non, ou de la crème pasteurisée ou un mélange de deux ou plusieurs de ces produits.

Les bactéries présentes doivent être encore vivantes au moment de la consommation du yaourt, ce qui permet une meilleure digestion et un meilleur transit. La teneur en ferments viables à la commercialisation doit être supérieure à 10^7 germes/g de produit

(Burillard et al., 2016). Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6°C pour que les bactéries lactiques restent vivantes (Luquet et Carrieu, 2005).

3. Composition chimique du yaourt

La composition chimique du yaourt est complexe, elle se distingue par une forte hydratation et la diversité des éléments organiques et minéraux présents dans le lait. Les principaux constituants du yaourt sont présentés dans le Tableau II.

Tableau II : Les compositions du lait demi écrémé et du yaourt fabriqué à partir du même lait (CIDIL, 2008).

Composition pour 100 g	Lait	Yaourt
Eau	89.2	88.4
Glucides (Lactose)	4.7	4
Protéines	3.2	4
Lipides	1.6	1.1
Calcium	0.1	0.15
Phosphore	0.1	0.1
Acide lactique	0	1
Autres	1.1	1.1

4. Bactéries spécifiques du yaourt

Deux bactéries sont nécessaires pour pouvoir appeler un lait fermenté un yaourt, ce sont *Lactobacillus delbureckii subsp bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*. Ces bactéries sont des bactéries à Gram positif, catalase-négatives et hétérotrophes. *Lb. bulgaricus* est une bactérie de forme de bâtonnet, rectangulaire et allongé, tandis que *St. thermophilus* est en forme de coque voir (figures 4 et 5) (Vignola, 2002). Le rôle principal de ces deux bactéries spécifiques est d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH 4,6) de façon à former un gel (ou coagulum) (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 1995).

4.1. *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus est une bactérie lactique homofermentaire capable de produire 1,4 à 1.6% d'acide lactique (Classeau, 2010), qui se développant bien à 45-50 °C en acidifiant fortement le milieu. Elle peut former dans le lait jusqu'à 2,7 % d'acide lactique (Veisseyre, 1975).

Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Marty-teyssset *et al.*, 2000). Elle fermente le glucose, le galactose, le lactose et le fructose, et est responsable de la production d'acétaldéhyde (composé aromatique du yaourt par transformation de la thréonine) (Classeau, 2010).

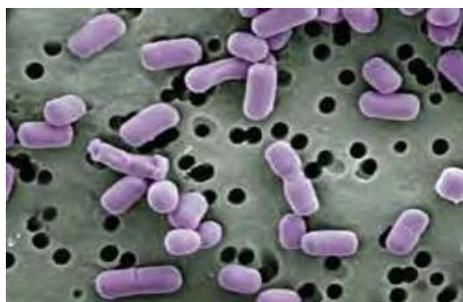


Figure 4: Aspect des cellules de *Lb. bulgaricus* sous le microscope électronique (Anonyme 2, 2018)

4.2. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus se multiplie bien à 37-40 °C mais se développe encore à 50 °C. C'est une espèce homofermentaire thermorésistante qui survit à un chauffage à 65°C maintenu pendant 30 minutes. Elle est nettement moins acidifiante que l'espèce précédente. Un phage thermorésistant peut la détruire (Veisseyre, (1975).

Le rôle principal de *St. thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique (Narayanan *et al.*, 2004 ; Panesar *et al.*, 2007) et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composé de galactose, glucose, ainsi que des petites quantités de rhamnose, arabinose, et de mannose) (Bergamaier, 2002).



Figure 5: Aspect des cellules de *St. thermophilus* sous le microscope électronique
(Anonyme 3, 2018)

5. Proto-coopération entre *St. thermophilus* et *Lb. bulgaricus*

Les deux bactéries lactiques, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose étroite, en culture associée (culture mixte), dans laquelle l'interaction est souvent positive. Cette interaction est appelée « protocoopération », car elle est indispensable à la survie des deux ferments. En effet, la production d'acide formique, d'acide pyruvique et du CO₂ par *st. thermophilus* favorise la croissance de *Lb. bulgaricus*, en augmentant ainsi son activité protéolytique. Par contre, *Lb. bulgaricus* produit des peptides et des acides aminés qui stimulent la croissance de *St. thermophilus* (Béal et Sodini, 2003). Ces deux bactéries produisent d'avantage de l'acide lactique que lorsqu'elles sont cultivées seules (culture pure) (Veisseyre, 1975).

La figure 6 résume cette coopération.

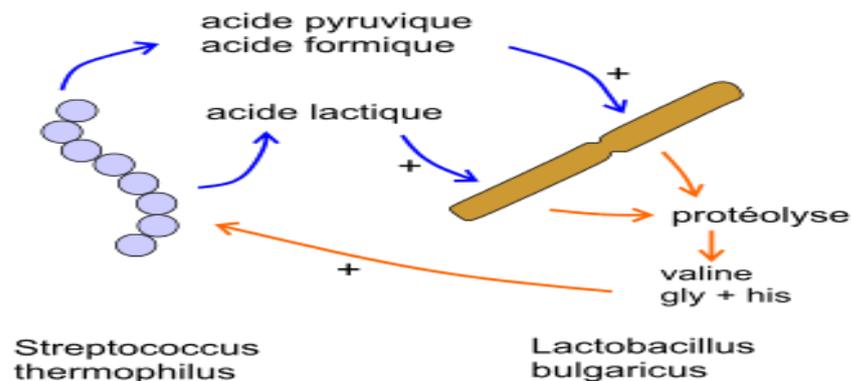


Figure 6 : Schéma de la symbiose bactérienne (Branger, 2004)

6. Technologie du yaourt

Il existe deux types de yaourts : Yaourts fermes, dont la fermentation a lieu en pots : Ce sont généralement les yaourts naturels et aromatisés ; et les yaourts brassés, dont la fermentation a lieu en cuve avant brassage et conditionnement : C'est le cas des yaourts veloutés nature ou aux fruits (**Luquet et Carrieu, 2005**).

Les étapes de fabrication de ces deux types de yaourts sont indiquées dans l'annexe 02.

- **Réception du lait**

Il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité. Dans cet esprit, il est primordial de mettre en place dès la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simple permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (**Vingola, 2002**).

- **Standardisation du mélange**

Tous les laits n'ont pas tous exactement la même composition. Pour fabriquer un yaourt ayant toujours les mêmes qualités, il faut donc avoir un lait standardisé (**Béal et Sondini, 2003**).

La standardisation du mélange laitier permet non seulement de pallier aux variations de composition du lait mais aussi, à obtenir la composition désirée. Cette standardisation peut s'obtenir par l'ajout de concentrés et d'isolats de protéines sériques, de poudre de lait écrémé ou entier, de lactose et de la crème en fonction de la teneur désirée en protéines, solides totaux et matières grasses (**Tamime et Robinson, 1999**).

La teneur minimale en matière sèche laitière non grasse est de 8,2 % (en poids) quelle que soit la teneur en matière grasse (**FAO, 1995**).

- **Homogénéisation**

Cette étape agit sur la matière grasse et les protéines. Elle a pour but d'éviter la séparation entre les globules de gras et le reste du lait. En effet, si les globules de matière grasse ne sont plus liés aux autres molécules, ils s'agglutinent entre eux et remontent à la surface pour former une couche de crème, ce qui n'est pas un caractère recherché. Elle permet également de rendre les protéines plus stables et plus hydrophiles, ce qui évite la

séparation du lait en sérum et en phase solide, appelé synérèse. L'homogénéisation doit se faire à température et pression très contrôlées. En effet, une pression trop faible peut entraîner la synérèse, un produit plus liquide ou la formation de crème en surface. Une pression trop élevée peut diminuer l'onctuosité ou changer la viscosité du lait (**Vignola, 2002**).

- **Traitement thermique**

Le lait enrichi, éventuellement sucré, subit un traitement thermique, le barème de traitement thermique le plus couramment utilisé est de 90-95°C pendant 3 à 5 minutes, ce traitement a de multiples effets sur la flore microbienne ainsi que sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles du lait (**Lamoureux, 2000 ; Mahaut et al., 2000**).

Tout d'abord, il crée des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, il détruit les germes pathogènes et indésirables et inactive des inhibiteurs de croissance tels que les lactopéroxydases (**Boudier, 1990; Farkye et Imafidon, 1995**).

- **Refroidissement**

Le lait est ensuite refroidi pour atteindre la température optimale de fermentation vers 45°C (**Syndifrais, 1977**). Le refroidissement est réalisé au moyen d'un échangeur à plaque, tubulaire ou à surface raclé (**Mahaut et al, 2000**).

- **Fermentation lactique**

Le lait, enrichie et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation (**Lee et Lucey, 2010**). L'incubation se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement une ou plusieurs souches de chacune des bactéries spécifiques du yaourt, qui sont inoculés entre 2 et 5% dans le mélange laitier (**Clark et Plotka, 2004**). Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait /ferment (**FAO, 1995**).

La vitesse d'acidification et le pH final influencent la formation du gel acide (**Haque et al, 2001**). Le pH atteint une valeur comprise entre 4,7 et 4,3, suivi d'un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu' à 5°C), afin de stopper la fermentation (**Sodini et al, 2004**). Le temps de fermentation se situe entre 3 et 7 h jusqu'à l'obtention d'une acidité finale de 0,9 à 1,2% en équivalent d'acide lactique (**Clark et Plotka, 2004**).

- **Conditionnement et stockage**

Les yaourts conditionnés dans des pots en verre ou en plastique sont stockés en chambres froides à 4°C. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (**Paci Kora, 2004**). Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution appelée post-acidification se traduit par une légère baisse du pH surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (**Enkelejda, 2004**).

7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Les produits laitiers fermentés sont largement consommés et présentent des caractéristiques nutritionnelles et probiotiques bien spécifiques (**Serra et al., 2009 ; Béal et Sodini, 2003**).

Un tableau récapitulatif des propriétés thérapeutiques du yaourt est donné dans l'annexe 04.

7.1. Intérêts nutritionnels

Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (**Jeantet et al, 2008**). Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications, dont certaines font que le produit soit de meilleures valeurs nutritionnelles et thérapeutiques (**Serra et al, 2009; Sodini et Béal, 2012**) à savoir :

- ❖ **Amélioration de l'absorption du lactose**

La présence des bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase. Les ferments lactiques synthétisent la β -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose ; cette enzyme serait libérée dans l'intestin grêle et garderait une activité permettant l'hydrolyse du lactose pendant au moins deux heures (**Jeantet et al., 2008**).

- ❖ **Amélioration de la digestibilité de la matière grasse**

Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras libres dans un yaourt est constatée (**Jeantet et al., 2008**).

❖ Amélioration de la digestibilité des protéines

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait et contient une proportion optimale d'acides aminés libres indispensables. Ces propriétés résultent du traitement thermique, de l'acidification et de l'activité protéolytique des bactéries (Mahaut et al., 2000).

7.2. Effets thérapeutiques

❖ Activité anti-microbienne

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

❖ Activité anti-carcinogène

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

❖ Activité anti-cholestérolémiant

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse (Jeantet et al., 2008).

❖ Stimulation du système immunitaire

Le yaourt a un effet immunitaire régulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B. Cet effet est attribué à *Lactobacillus bulgaricus* (Jeantet et al., 2008).

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé aux niveaux des laboratoires Techniques d'Analyses Biochimiques de l'université de Bejaia et aux laboratoires de Recherche et Développement; et d'Assurance Qualité et Hygiène Alimentaire de la laiterie Danone Djurdjura Algérie (DDA).

Notre travail s'est focalisé d'abord sur la formulation d'un yaourt enrichi avec du pollen, puis l'étude de ses caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles. En parallèle, la détermination des teneurs en composés phénoliques et des activités antioxydantes de l'extrait de pollen sont aussi effectuées.

1. Matériel végétal

Notre étude est réalisée sur le pollen d'abeilles, récolté à Tipaza, conditionné dans des flacons en verre, après l'avoir séché pour éliminer la majorité de l'eau qu'il contient à l'aide d'une étuve à une température de 40 °C pendant 24 heures, et trié pour enlever les impuretés comme les ails d'abeilles, la poussière etc.



Figure 7: Photographie du pollen en pelotes

Le pollen a été broyé à l'aide d'un moulin à café électrique de marque SEB PREP'LINE 850 jusqu'à obtention d'une fine poudre puis tamisé. La poudre est mise dans un flacon en verre et est conservé à l'abri de la lumière, l'humidité et de l'air jusqu'à utilisation.

2. Extraction

Afin de déterminer la teneur en composés phénoliques et d'étudier l'activité antioxydante de la poudre de pelotes de pollen, une extraction a été réalisée.

L'extraction a été faite comme suit :

- 0,5 g de pollen broyé est ajouté à 70 ml d'éthanol;
- On agite pendant 2h à température ambiante;
- On filtre le mélange obtenu;
- On récupère l'extrait aqueux de pollen.



Figure 8: Photographie d'extraction et filtration d'extrait de pollen

3. Dosage des antioxydants

3.1. Dosage des polyphénols totaux (PPT)

Le dosage des polyphénols est réalisé en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu, qui est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleu de tungstène et de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximale est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits (**Boizot et al., 2006**).

Un volume de 100 μ l d'extrait de pollen est additionné à 100 μ l du réactif de Folin-Ciocalteu (50%), puis 2 ml de la solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 2% est ajouté au mélange. On incube à l'obscurité pendant 30 minutes. L'absorbance est lue à 750 nm.

Les concentrations en composés phénoliques sont déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (Annexe 5, figure 1) et les résultats sont exprimés en milligramme équivalents d'acide gallique /100 g d'échantillon (mg EGA/100g).

3.3. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est effectué selon la méthode décrite par **Al et al., (2009)**. Un volume de 1 ml d'extrait de pollen est mélangé avec 4 ml d'éthanol et 300µl de NaNO₂ (5%). 5 minutes après, un volume équivalent de chlorure d'aluminium AlCl₃ (10%) est additionné et après 6 minutes, 2 ml de la solution NaOH (1M) sont ajoutés. L'absorbance est mesurée à 510 nm. Les concentrations en flavonoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage réalisée avec la catéchine (Annexe 5, figure 2) et les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalents catéchine / 100 g d'échantillon (mg EC/100g).

3.4. Dosage des caroténoïdes

Les caroténoïdes sont extraits par la méthode de **Sass-Kiss et al., (2005)**. 0,1 g de pollen broyé est ajouté à 16 ml du mélange de solvants (hexane, acétone, éthanol : 2/1/1). Après 2 heures d'agitation, la phase hexanique (surnagent) est récupérée puis l'absorbance est déterminée à 450 nm. Les concentrations des caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant la β-carotène comme standard d'étalonnage (Annexe 6, figure 1). Les concentrations sont exprimées en mg équivalents de la β-carotène par 100g de pollen (mg Eβ-C /100g).

4. Evaluation de l'activité antioxydante

4.1. Activité antiradicalaire utilisant le DPPH

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence d'un antioxydant dans le milieu, le radical DPPH• est réduit et change de couleur en virant au jaune (figure 9). (**Chaabi, 2008**).

L'activité anti-radicalaire DPPH est réalisée selon le protocole décrit par **Katalinic, (2006)**. Un volume de 100µl d'extrait de pollen est mélangé avec un volume de 2 ml de cette solution de DPPH ; Après 15 minutes d'incubation à l'obscurité et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 517 nm.

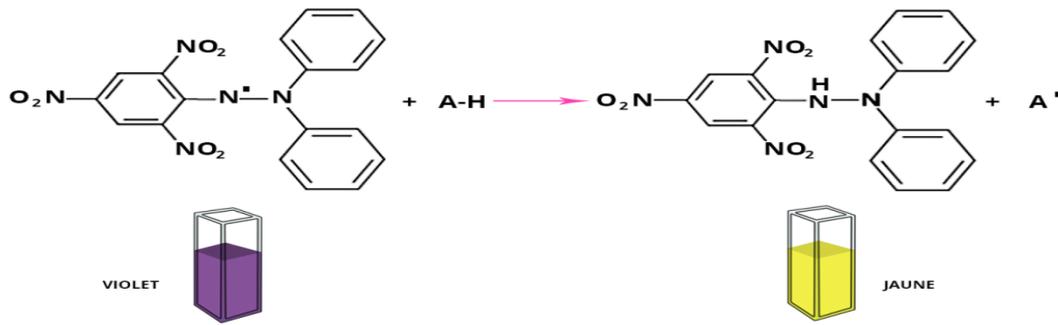


Figure 9: Schéma du principe de réduction de DPPH• (Prakash, 2001)

La différence d'absorbance entre la solution de DPPH en présence et en absence de l'échantillon reflète le potentiel des composés responsables de l'activité antiradicalaire. Le pourcentage de réduction de DPPH est donné selon la formule suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \frac{(\text{Abs}_c - \text{Abs}_e)}{\text{Abs}_c} * 100$$

Abs_c : Absorbance du contrôle.

Abs_e : Absorbance de la solution de DPPH en présence de l'échantillon.

4.2. Activité antiradicalaire utilisant l'ABTS

Le test d'ABTS est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique l'ABTS^{•+} de coloration bleu-verte en le transformant en ABTS incolore, par piégeage d'un proton cédé par l'antioxydant (Re et al., 1999). Voir (figure 10).

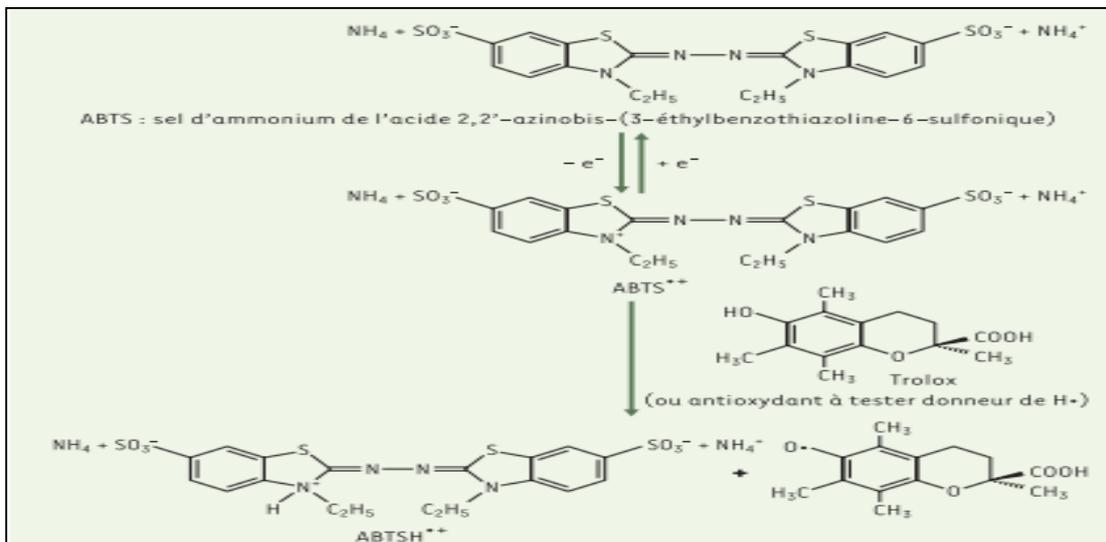


Figure 10: Formation et piégeage du radical ABTS^{•+} par un antioxydant donneur de H•. (Marc et al., 2004).

La capacité scavenging du radical ABTS est déterminée selon le protocole décrit par **Re et al., (1999)**. Un volume de 100µl d'extrait de pollen est ajouté à 1ml de la solution d'ABTS ; L'absorbance est lue à 734 nm après 15 minutes.

La capacité scavenging est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = [(Abs_c - Abs_e) / Abs_c] * 100$$

Abs_c : Absorbance du contrôle.

Abs_e : Absorbance de l'échantillon.

5. Analyses physico-chimiques

5.1. Dosage des protéines

La teneur du pollen en protéines est déterminée par la méthode de Bradford. C'est une méthode colorimétrique dans laquelle un colorant (le bleu de Coomassie G250) de couleur vert foncé en milieu acide, devient bleu en se fixant aux groupements NH₃⁺ des protéines. La réaction est quasi-instantanée et se réalise à 595 nm (**Bradford, 1976**).

Un volume de 100µl d'extrait de pollen est ajouté à 5ml du réactif de Bradford. Après homogénéisation, l'absorbance est lue au spectrophotomètre à 595nm (**Azeredo et al., 2003**).

La teneur en protéines est déterminée en utilisant une courbe d'étalonnage avec la protéine sérum albumine bovine (BSA) (Annexe 6, figure 2) et les résultats sont exprimés en mg équivalents de BSA par 100g de pollen (mg EBSA /100g).

5.2. Brix

Le brix exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon en solution (sucres, sels, protéines, acides.....etc.).

Une quantité de 1g de pollen broyé est dissoute dans 10 ml d'eau distillée. Après agitation pendant 2 heures, la solution est filtrée.

Une goutte de la solution aqueuse de pollen préparée est placée sur la surface du prisme du réfractomètre afin de déterminer le brix. Le résultat est exprimé en pourcentage massique (**Messaid, 2008**).

6. Formulation d'un yaourt diététique avec du pollen

Le choix s'est porté sur un yaourt supplémenté de pollen multifloral, c'est à dire issue de plusieurs espèces végétales. Ce type de pollen remplit parfaitement son objectif protecteur et revitalisant.

Pour choisir la quantité de pollen à ajouter, il fallait prendre en considération quatre facteurs :

- La dose journalière de pollen à ne pas dépasser (10g par jour).
- L'impact sur le goût et la texture (caractéristiques rhéologiques et organoleptiques du yaourt).
- L'impact sur le déroulement de la fermentation.
- L'impact sur la stabilité du produit (duré de vie).

L'incorporation a été réalisée en une concentration de 1%, la poudre à incorporer a été pasteurisée.

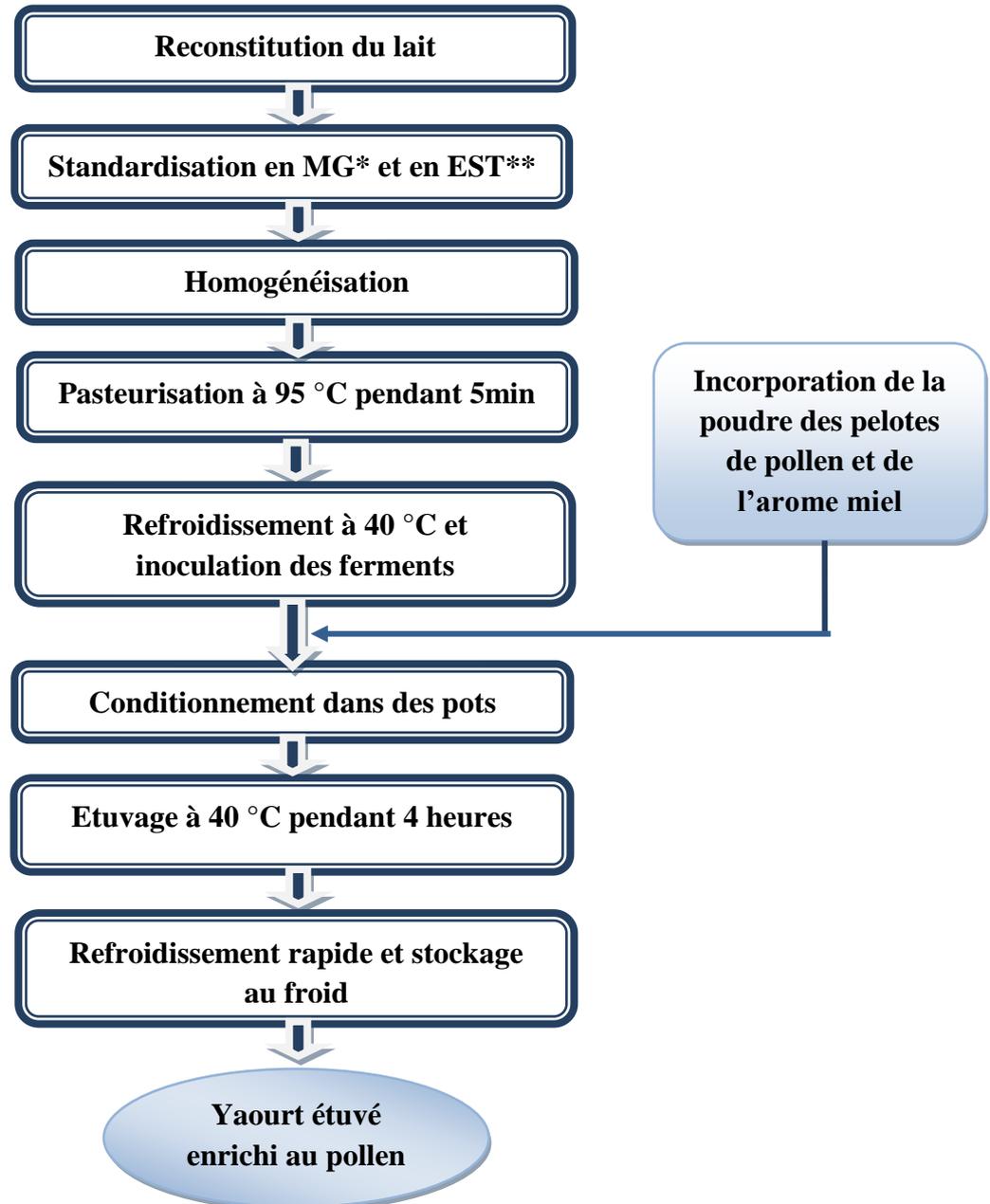
Beaucoup de personnes trouvent le pollen trop fade, pour cela on a décidé d'aromatiser au miel notre yaourt fabriqué pour couvrir ce mauvais gout et faciliter la consommation.

La préparation de yaourt a été réalisée au laboratoire recherche et développement de la laiterie Danone Djurdjura en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec l'ajout de la poudre de pelotes de pollen d'abeilles.

6.1. Essai 1: Elaboration d'un yaourt étuvé supplémenté de pollen d'abeille

✓ Procédé de fabrication

Cette figure résume les étapes essentielles du procédé de fabrication d'un yaourt étuvé à base de la poudre de pelotes de pollen lors de la formulation :



MG*: Matière Grasse; EST**: Extrait Sec Total

Figure 11: Diagramme de la technologie de fabrication d'un yaourt étuvé enrichi au pollen

6.2. Essai 2: Elaboration d'un yaourt brassé supplémenté de pollen d'abeille

✓ Procédé de fabrication

Cette figure résume les étapes essentielles du procédé de fabrication d'un yaourt brassé à base de la poudre de pelotes de pollen lors de la formulation :

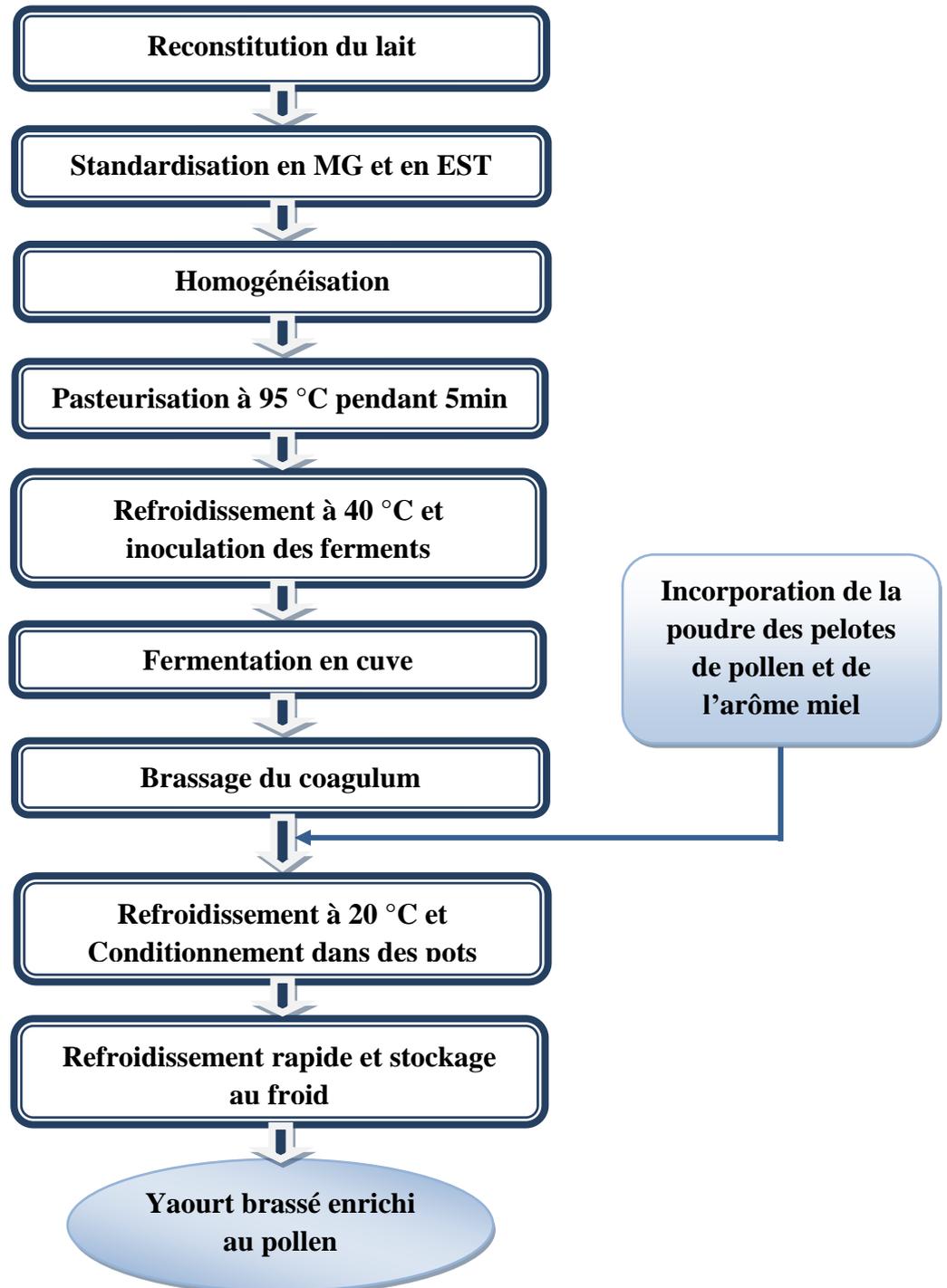


Figure 12: Diagramme de la technologie de fabrication d'un yaourt brassé enrichi au pollen

6.3. Essai 3 : Elaboration d'une nouvelle recette d'un yaourt brassé supplémenté de pollen d'abeille

La fabrication du yaourt aromatisé au miel, supplémenté de pollen d'abeille est effectuée en suivant la même technologie d'élaboration d'un yaourt brassé représentée dans la figure 12, mais avec une recette différente que celle du brassé fabriqué au niveau de l'unité DDA.

✓ **Composition**

La recette de yaourt formulé est présentée dans le tableau N° III.

Tableau III: La recette du yaourt formulé

Ingrédients	Quantité (g/kg)	
Eau de process	731,81	
Sucre de betterave	100	
Poudre de lait 0% MG	39,45	
Poudre de lait 26% MG	115,09	
Ferments lactiques	0,2	
Concentré de protéines	7,45	
Poudre du pollen	10	
Arôme miel	1	
%MG 3,01	% protéines 4,20	%EST 25,74

MG : Matière Grasse ; **EST :** Extrait Sec Total

Tout d'abord on pèse tous les ingrédients, on met l'eau de process dans le thermo-mix, on lui rajoute le sucre de betterave, les poudres du lait (0% et 26% de MG), et le concentré de protéines, on préchauffe le mélange à une température de 75°C pendant 10 min, puis on le verse dans l'homogénéisateur. Le mélange est récupéré à la sortie de l'homogénéisateur dans le thermo-mix pour le pasteuriser à une température de 95°C pendant 5 min.

Ensuite le mélange est porté à la température 40°C qui est la température idéale pour la fermentation, puis on lui rajoute les ferments lactiques et on le verse dans des bouteilles dans des conditions aseptiques.

Les bouteilles sont ensuite placées dans l'étuve à une température de 39-40 °C, à chaque heure on suit le pH jusqu'à ce qu'il baisse à 4,65, qui est le pH de d'écaillage, on place les bouteilles dans le réfrigérateur pour les refroidir le plus rapidement possible.

Toujours, dans des conditions aseptiques, on incorpore la poudre de pelotes de pollen et l'arôme miel, après brassage de la masse blanche. Enfin, le mélange est mis dans des pots. Voir (figure 13).



Figure 13: Photographies des étapes de fabrication de yaourt élaboré; A: pesé des ingrédients; B: eau de procès; C : thermo mix ; D : baisse de la température à 40°C ;E :ajout des ferments ; F :mise en bouteilles ;G :ajout de l'arôme miel ; H :incorporation de la poudre de pelotes de pollen.

7. Analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'un yaourt diététique avec du pollen

7.1. Analyses physico-chimiques

7.1.1. Détermination de l'extrait sec total (EST)

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après la dessiccation complète de l'échantillon, elle est mesurée à l'aide d'un dessiccateur.

Mode opératoire

- Mettre dans un dessiccateur à une température de 105°C une coupelle en aluminium vide puis tarer,

- Étaler 3g de l'échantillon (yaourt) sur la coupelle d'une façon homogène.
- Mettre le dessiccateur en marche, lire le résultat de la dessiccation en pourcentage massique sur l'afficheur du dessiccateur.

7.1.2. Détermination du taux de la matière grasse

Le principe repose sur l'attaque des éléments de l'échantillon par l'acide sulfurique à l'exception de la matière grasse, et séparation de la matière grasse libérée par centrifugation en présence d'alcool iso amylique.

Mode opératoire

On additionne 10ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) avec 11 ml de yaourt, et 1ml d'alcool iso-amylique dans un Butyromètre,

- Agiter avec des retournements, puis on place le Butyromètre dans une centrifugeuse pendant 5min,
- Après arrêt de la centrifugeuse, on ajuste le bouchon du Butyromètre pour remonter la matière grasse a la partie graduée et on fait la lecture pourcentage.

7.1.3. Mesure de pH

La mesure de pH est réalisée par un pH-mètre qui mesure la différence du potentiel entre les deux électrodes qui sont émergés dans l'échantillon.

Mode opératoire

- Etalonner le pH-mètre avec les solutions tampons (pH=7 et pH=4),
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon (pot de yaourt),
- Lire la valeur du pH affichée sur l'écran de l'appareil.

7.1.4. Brix

La mesure du brix consiste à filtrer le produit analysé de façon à recueillir un filtrat translucide (les grosses particules et la caséine sont retenues dans le filtre) et à déterminer le brix du filtrat par réfractomètre.

Mode opératoire

- Remuer l'échantillon pour assurer son homogénéité,
- Prélever environ 50g de l'échantillon et déposer ce prélèvement dans le filtre plissé positionné sur un bécher de 50ml,
- Laisser filtrer pendant 15 min jusqu'à avoir recueilli quelques ml de filtrat,
- Mesurer le brix du filtrat (quelques ml suffisant) (**Manuel Danone**).

7.1.5. Mesure de la viscosité

La transformation du lait en yaourt s'accompagne de la mise en place d'une structure complexe et d'un changement important des propriétés rhéologiques en passant d'un liquide newtonien à un gel viscoélastique à destruction non réversible (**Paci Kora, 2004**).

Mode opératoire

La viscosité d'un yaourt brassé est mesurée par un viscosimètre de marque **TAXT EXPRESS** qui correspond à la mesure de la résistance exercée par un plongeur cylindrique pénétrant une distance de 15 mm par un mouvement vertical de haut en bas.

Le produit doit être à une température de $10 \pm 1^\circ\text{C}$. On place le pot sous le mobile puis amener le plongeur à environ 5mm de la surface du produit et lancer la mesure.

Le résultat est affiché sur l'écran du viscosimètre en g.

7.1.6. Dosage de l'azote total par la méthode de KJELDAHL

Cette méthode est basée sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique et en présence d'un catalyseur (**Lecoq, 1965**).

Mode opératoire

Pour déterminer la quantité de protéines contenues dans un échantillon, nous avons procédé au dosage de l'azote total par la méthode de **Kjeldahl (1883)**. Cette dernière s'effectue en trois étapes :

- **Minéralisation**

Dans un matras de **Kjeldahl**, 2 g de yaourt, avec deux pastilles catalyseur et 15 ml de l'acide sulfurique concentré (97 %) ont été introduits; Ensuite, le matras est chauffé jusqu'à 450°C pendant 1heure 30 minutes, jusqu'à ce que ce mélange soit limpide, à ce

moment-là l'azote organique est transformé en azote minéral. Après refroidissement, l'échantillon minéralisé est transféré dans une fiole, puis le volume est ajusté à 100 ml avec l'eau distillée.

- **Distillation**

Elle se fait dans une unité de distillation. Dans un matras, 20 ml du contenu de la fiole, 50 ml d'eau distillée et 50 ml de la soude (40%) ont été introduits. En parallèle, 20 ml d'acide borique (H_3BO_3) (4%) avec quelques gouttes d'indicateurs colorés (rouge de méthylène et bleu de méthylène) ont été ajoutés.

La distillation s'arrête au bout de 4 minutes à compter du début d'ébullition.

- **Titration**

Elle consiste à titrer l'excès des anions de borate, utilisé dans l'étape de distillation, par Hcl jusqu'au virage de la couleur du vert au rose-violet.

Le taux d'azote total est déterminé selon la formule suivante :

$$N\% = \frac{(V_1 - V_0)0,28}{P_{\text{essai}}} \times 100$$

N : Pourcentage d'azote (%).

V₁ : Volume d'acide sulfurique utilisé pour l'échantillon (ml).

V₀ : Volume d'acide sulfurique utilisé pour le témoin (ml).

P_{essai} : Masse de la prise d'essai (g).

Le taux d'azote total est converti en taux de protéines brutes selon la formule suivante :

$$\text{Taux de protéines brutes P (\%)} = \text{N total (\%)} \times 6,25$$

Où, 6,25 est un facteur de conversion basé sur le taux moyen d'azote des protéines.

7.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que les yaourts préparés ainsi que les ingrédients et le pollen utilisés présentent une bonne qualité hygiénique.

Le tableau IV illustre l'ensemble des germes recherchés et dénombrés.

Tableau IV : Ensemble des germes recherchés et dénombrés du yaourt élaboré.

Germe recherché	Milieu de culture	Température d'incubation	Temps d'incubation	Norme
Flore totale mésophile	PCA	30°C± 1°C	3Jours ±2h	3.10 ⁶
Entérobactéries	VRBG	37°C± 1°C	1 Jour ± 2h	≤10
Levures moisissures	OGA	25°± 1°C	5 Jours ±2h	10 ² /g Absence

7.3. Analyses sensorielles

L'évaluation sensorielle implique une intervention active de l'homme, donc la mise en jeu d'un ensemble de mécanismes qui font qu'un stimulus de nature matérielle engendre des sensations qui, atteignent le niveau de la conscience, deviennent des perceptions en faisant intervenir l'homme comme instrument de mesure à partir de ses 5 sens: l'odorant, le goût, la vue, l'audition et le toucher (**Britz et Robinson, 2008**)

Une analyse sensorielle a été réalisée au niveau de l'unité DDA sur le personnel du laboratoire Assurance Qualité et Sécurité Alimentaire ainsi que le laboratoire de Recherche et Développement. Le panel dégustateurs est composé de 15 experts qui sont invités à exprimer leurs préférences comme illustré dans le questionnaire (Annexe 7).

Deux échantillons de yaourt brassé, au pollen aromatisé au miel et un autre nature sucré sont présentés pour chacun. Il leur a demandé d'évaluer l'intensité de chaque descripteur sur une échelle de 0 à 5.

Et on leur a demandé de donner une note générale de 1 à 10 concernant le yaourt élaboré.

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Dosage des antioxydants d'extrait de pollen

1.1. Teneurs en polyphénols totaux

Le dosage colorimétrique d'extrait de pollen a permis d'obtenir une concentration de (1700,37±94,64 mg EGA /100g). Cette teneur est supérieure aux résultats rapportés par **Temizer *et al.*, (2017)** pour le pollen de la Turquie (596,81 mg EGA/100g), et se situe dans la marge rapportée par **Leja *et al.*, (2007)** qui est entre 1293 et 8243 mg EGA/100g.

Ces composés phénoliques constituent la base des principes actifs chez les plantes médicinales. Ces molécules traces ont un impact direct sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires et leurs biens faits pour les consommateurs sont incontestables (**Macheix *et al.*, 2005**).

Tableau V: Résultats des teneurs du pollen en antioxydants.

Antioxydant	Teneur
Polyphénols totaux	1700,37 ± 94,64 (mg EGA/100g)
Flavonoïdes	636,26 ±60,30 (mg EC/100g)
Caroténoïdes	47,22± 1, 18 (mg Eβ-C /100g).

1.2. Teneurs en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes du pollen étudié est montrée dans le tableau V. Le taux déterminé est similaire à celui obtenu par **Mărghitaș** et ses collaborateurs en **2009** sur quelques échantillons de pollen de la Roumanie [60 à 1360 mg EC/100 g].

Ces pigments sont responsables de la coloration des végétaux et assurent la protection des tissus contre les agressions externes (**Hadri, 2015**). Ils sont aussi considérés comme des antioxydants puissants qui ont la capacité d'éliminer les radicaux libres (**Narayana *et al.*, 2001**) et sont également connus pour leur aptitude de chélation des ions métalliques (**Kumar *et Pandey*, 2013**).

1.3. Teneurs en caroténoïdes

Dans la présente étude, le dosage des caroténoïdes du pollen a révélé une concentration de $47,22 \pm 1,18$ mg E β -C/100 g. Ce résultat est supérieur à celui obtenu par **Almeida-Muradian et al., (2005)** sur les échantillons de pollen de Brésil [8,25 mg E β -C/100 g]. La teneur élevée en caroténoïdes de l'échantillon de pollen peut être due à l'origine botanique.

2. Evaluation de l'activité antioxydante

2.1. Activité antiradicalaire DPPH

La méthode au DPPH est une méthode rapide, simple et peu coûteuse, qui est utilisée avec succès sur les échantillons solides et liquides et elle est valable pour n'importe quel composé antioxydant (**Prakash, 2001**).

Le pollen analysé réduit le radical DPPH à 76,86%. Cette capacité de réduction est sur la même longueur d'onde de celle obtenue par **Blaise et al., 2009** (75,90%) pour le pollen de *Mimosa*, tandis qu'elle est largement supérieure à celle qui est donnée par **Margarita et al., 2012** (5,87%).

L'activité antiradicalaire diffère selon l'origine botanique du pollen et dépend de sa composition chimique. En effet, l'activité antioxydante élevée de l'échantillon de pollen analysé peut être expliquée par sa teneur élevée en polyphénols totaux et flavonoïdes.

Tableau I: Résultats des tests antiradicalaires.

Activité antiradicalaire	% d'inhibition
Radical DPPH	76,86 \pm 1,023
Radical ABTS	94,01 \pm 5,24

2.2. Activité antiradicalaire ABTS

Le radical ABTS est largement utilisé pour l'évaluation de l'activité antioxydante des molécules biologiques et repose sur la capacité des substances antioxydantes existantes naturellement dans le pollen à réduire le radical ABTS $^{\bullet+}$.

L'activité antiradicalaire de l'échantillon de pollen analysé est élevée (94,01 %), ce qui signifie la réduction presque de la quasi-totalité des radicaux ABTS $^{\bullet+}$, ce résultat obtenu confirme la richesse du pollen en antioxydants.



Figure 14: Photographie des résultats du test d'ABTS

3. Analyses physico-chimiques d'extrait de pollen

3.1. Teneur en protéines

La quantification des protéines montre que le pollen utilisé contient une valeur de protéines ($2483,47 \pm 243,47$ mg EBSA/100g) voir le tableau VII. Ce résultat est inférieur à ceux rapportés par **Aleksandar en 2015** qui varient de 14810 à 27250 mg EBSA/100g et celui obtenu par **Yang et al., (2013)** qui est de 14860 à 28960 mg /100g. Selon **Barajas et ces collaborateurs en 2012**, les teneurs en protéines du pollen d'abeille varient selon l'origine botanique et géographique, l'état de croissance des plantes, les conditions de traitement et de séchage et selon le stockage.

Les protéines constituent en général près d'un quart de la masse du pollen, ils fournissent une quantité significative d'acides aminés essentiels que l'organisme humain ne peut pas produire. Sa concentration est 5 à 7 fois supérieure à celle de la viande (**Human et Nicolson, 2006**).

Tableau VII: Teneurs en protéines et en brix du pollen analysé

Paramètre	Teneur
Protéine	$2483,47 \pm 243,47$ mg EBSA/100g
Brix	7,25%

3.2. Brix

La teneur en brix trouvée du pollen analysé au réfractomètre est de 7,25 % voir le tableau VII, il est admis que le pollen récolté par les abeilles contient toujours une grande quantité de sucre réducteur issu du miel ou du nectar se trouvant dans le fluide cimentant les grains de pollen lors de la récolte par les abeilles. Le pollen contient entre 20 et 40% de sucres réducteurs (glucose, fructose, maltose) et entre 0 et 20% de sucres non réducteurs (saccharose).

4. Formulation et analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles d'un yaourt diététique avec du pollen

4.1. Formulation du yaourt enrichi au pollen

4.1.1. Essai d'élaboration d'un yaourt étuvé supplémenté de pollen d'abeilles

Lors de l'élaboration d'un yaourt dans l'essai 01, le pollen ne s'est pas bien homogénéisé avec le coagulum et par conséquent, il s'est décanté et a présenté un problème de sédimentation (figure 15).

La sédimentation est un processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches. Les facteurs induisant la sédimentation peuvent être variés en nombre et en proportion (AFNOR, 1999).

Le problème de sédimentation du pollen dans le yaourt à été signalé par **Bouagada et Benfattoum., 2010** qui ont fait une expérience au niveau de la laiterie HODHNA lait. Leurs essais consistaient à élaborer un yaourt étuvé supplémenté de pollen en pelote à différentes concentrations (0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%).

Les produits qui contenaient 1%, 1,5% et 2% de pollen présentaient moins de défauts que le produit qui contenait 2,5% de pelotes mais le problème de la sédimentation est quasi-présent dans ces échantillons. Le meilleur produit était celui que contenait 0,5% de pollen, mais cette quantité s'avère insuffisante du point de vue nutritionnel, car la quantité idéale de pollen à ajouter est de 2,5g par 100g de yaourt.



Figure 15: Photographie montrant la décantation du pollen dans le yaourt élaboré

4.1.2. Essai d'élaboration d'un yaourt brassé supplémenté de pollen d'abeilles

Le yaourt dans l'essai 02 est élaboré selon la recette et la technologie de fabrication de DDA, qui utilise l'amidon comme agent gélifiant, stabilisateur et épaississant.

Après 24 heures, le yaourt élaboré devient moins visqueux et perd sa texture et sa consistance.

L'ajout du pollen au yaourt fabriqué a affecté la viscosité du gel résultant, par conséquent, les propriétés visqueuses bien connues des suspensions d'amidon disparaissent à cause de sa contenance en amylase, enzyme qui joue un rôle essentiel dans l'amylolyse (ou hydrolyse) de l'amidon. Ce polysaccharide ramifié est aussi utilisé pour réduire le montant de caséinates et coût du produit comme un agent gélifiant.

Elsner en **1930** a signalé la présence d'amylase, saccharase et catalase dans divers pollens. L'amylase est l'une des trois principales enzymes impliquées dans la dégradation et l'utilisation des macromolécules. Chez les abeilles mellifères (*Apis mellifera*), l'amylase était traditionnellement considérée comme provenant uniquement de la sécrétion de l'abeille (**Wang et al., 2015**).

4.1.3. Essai d'élaboration d'une nouvelle recette d'un yaourt brassé supplémenté de pollen d'abeilles

Vue les problèmes et les difficultés rencontrés dans les deux premiers essais pour l'élaboration du yaourt au pollen, on a opté dans l'essai 03 pour une nouvelle recette, cette dernière consiste à échanger l'amidon du yaourt dégradé par l'amylase du pollen par les

caseinates, qui sont des protéines utilisées pour leurs propriétés émulsifiantes, moussantes, stabilisantes ou épaississantes, et pour leurs qualités nutritionnelles en diététique.

L'ajout des caseinates dans la nouvelle recette a pour but de réguler la viscosité du yaourt et non l'enrichissement en protéine.

Le yaourt obtenu est de bonne texture, lisse, et il ne présente aucun problème.

4.2. Analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du yaourt élaboré

4.2.1. Analyses physico-chimiques du yaourt élaboré

Les résultats obtenus des analyses physico-chimiques du yaourt élaboré dans l'essai 3 (yaourt brassé) sont illustrés dans le tableau VIII:

Tableau VIII: Paramètres physico-chimiques du yaourt brassé au pollen et de la masse blanche.

Paramètres physico-chimiques	Masse blanche	Yaourt brassé au pollen
pH	4,55	4,40
Viscosité (g)	23,10	28,7
Extrait Sec Total (%)	23,4	27,11
Brix (%)	21,73	22,07
Teneur en protéines (%)	4,21	5,4
Matière grasse (%)	3,01	2,83

4.2.1.1. pH

Le pH joue un rôle non négligeable dans la qualité organoleptique du yaourt. La valeur obtenue pour le yaourt est de 4.40. Cette valeur concorde également avec celles rapportées par **Jimoh et Kolapo** en **2007** sur le yaourt et qui sont entre 3,39 et 5,68. D'après ce résultat, le yaourt a eu un temps d'incubation convenable et un taux de ferments lactiques satisfaisant pour atteindre cette valeur. On a remarqué une différence entre le pH de la masse blanche avant incorporation du pollen qui est évalué à 4,55 et celui du yaourt élaboré 4,40, donc le pollen ajouté a baissé le pH du produit fini puisque ce dernier est acide (**Campos et al., 2008**).

4.2.1.2. Viscosité

La transformation du lait en yaourt s'accompagne de la mise en place d'une structure complexe et d'un changement important des propriétés rhéologiques en passant d'un liquide newtonien à un gel viscoélastique à destruction non réversible (**Paci Kora, 2004**).

La viscosité du yaourt brassé au pollen est de 28,7 g, une valeur qui est comprise dans l'intervalle de conformité de l'entreprise Danone Djurdjura.

Il y a lieu de remarquer aussi la stabilité de la viscosité du yaourt fabriqué par la nouvelle recette. Cela est dû aux protéines ajoutées. Selon **Lamontagne (2002)**, les protéines donnent un gel ferme, plus de consistance et moins de synérèse en raison d'une faible porosité du gel.

4.2.1.3. Extrait sec total

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l (**Nongonierma et al., 2006**).

Selon le résultat présenté dans le tableau VIII, l'extrait sec total du yaourt brassé au pollen est de 28,7% et est supérieur à celui de la masse blanche (23,4%). Ce résultat peut être expliqué par l'ajout du pollen. L'extrait sec total obtenu est supérieure à ceux signalés par **Amellal-Chibane** en **2008** pour les yaourts à base de la poudre de dattes et qui sont entre 20,64 et 21,39 %.

4.2.1.4. Teneurs en protéines et le brix

La teneur en protéines trouvée dans le yaourt élaboré est de 5,4%. Cette teneur est supérieure à celle de la masse blanche qui est de 4,21%. Cette différence en teneurs est due au pollen utilisé dans la fabrication du yaourt. Ce dernier est un pollen riche contenant une teneur importante en matière azotée (**Kieffer, 2014**).

Le brix du yaourt analysé est de 22,07%, un taux supérieur à celui de la masse blanche qui est de 21,73%, ce qui démontre que le yaourt analysé est riche en sucres provenant du pollen ajouté.

4.2.1.5. Teneurs en matière grasse

La valeur de la matière grasse pour le yaourt analysé est de 2,83%, cette valeur est conforme aux normes. On a constaté que la valeur de la matière grasse dans le yaourt enrichi par la poudre de pollen est inférieure à celle de la masse blanche qui est de 3,01%. En outre, **Kiros** et ces collaborateurs en **2016** ont remarqué la diminution de la matière grasse dans des

yaourts enrichis par le jus de carotte. Nos résultats sont supérieurs à ceux rapportés par **Sanful** en **2009** dans les yaourts enrichis par la noix de coco qui ont signalés des valeurs comprises entre 1,5 et 2g. La teneur en matière grasse dans les yaourts dépend de la matière grasse du lait utilisé lors de la formulation (**Themeje et al., 2015**).

4.2.2. Analyses microbiologiques

Les résultats obtenus des analyses microbiologiques sont illustrés dans le tableau IX suivant :

Tableau IX : Résultats microbiologiques du yaourt élaboré

Germes recherchés	Yaourt brassé au pollen
Entérobactéries	Absence
Flore total mésophile	Absence
Levures	Absence
Moisissures	Absence

D'après les résultats de l'analyse microbiologique, on remarque que le produit fini est sain et conforme aux normes exigées par le groupe Danone et ceux du Journal Officielle Algérien. Ce résultat indique le respect des bonnes pratiques d'hygiène au niveau du laboratoire de recherche et développement lors de la fabrication du yaourt, l'incorporation du pollen, son homogénéisation son conditionnement avec une thermo-scelleuse.

4.2.3. Analyses sensorielles

4.2.3.1. Test du plan d'expérience

La planification expérimentale est une étape fondamentale pour s'assurer que les données collectées seront exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles. Cet outil a pour but de permettre aux spécialistes de l'analyse sensorielle de disposer d'un outil simple et puissant pour mettre en place une étude sensorielle menée auprès de juges (experts et/ou consommateurs) évaluant un ensemble de produits (**Perinel et Pages, 2004**) (tableau X).

Après avoir introduit les données brutes de l'analyse experte dans le logiciel XLSTAT-MX à savoir : nombre d'échantillons analysés ou produits (02), nombre de juges (n=15) et nombre de produits analysés par juge (02). La procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée.

Tableau X: Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts.

A- Efficacité	1
D- Efficacité	1

Après la génération du plan d'expérience, les résultats obtenus indiquent que le plan est validé ce qui permet l'accès aux autres tests d'XLSTAT-MX et mettre en place une étude sensorielle menée auprès de quinze sujets expert évaluant deux produits.

4.2.3.2. Caractérisation des produits

a. Pouvoir discriminant par descripteur

Le pouvoir discriminant permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le plus faible. Les valeurs de la p-value sont aussi affichées.

Les résultats du test sont présentés dans la figure ci-après :

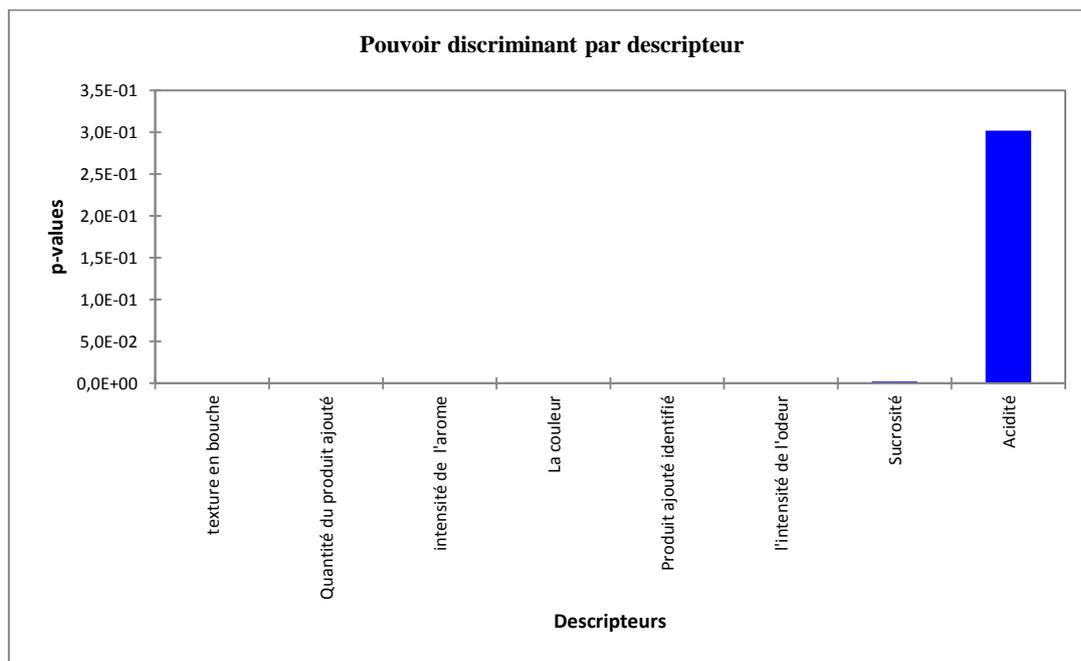


Figure 16: Pouvoir discriminant par descripteur

L'histogramme ci-dessus précédent rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les deux échantillons de yaourt. Il permet de visualiser que la texture en bouche est le descripteur le plus discriminant. Les p-values associées montrent toutes un effet significatif du descripteur. Par contre, le descripteur le moins discriminé est l'acidité.

- ✓ Les descripteurs acidité et sucrose, n'ont pas été discriminés. Ce qui explique que les experts n'ont pas constaté des divergences des descripteurs énumérés précédemment pour les deux échantillons dégustés.
- ✓ Les descripteurs suivants : la texture en bouche, la quantité du produit ajouté, l'intensité de l'arôme, la couleur, l'identification du produit ajouté et l'intensité de l'odeur, ont été discriminés, cela prouve que les experts ont constaté des divergences

b. Les coefficients des modèles

Dans ce test, les résultats du traitement des données effectués pour chaque combinaison descripteur-produit (le coefficient, la moyenne estimée, la p-value ainsi qu'un intervalle de confiance sur le coefficient) sont affichés. Les résultats des coefficients du modèle sont représentés dans la figure suivante :

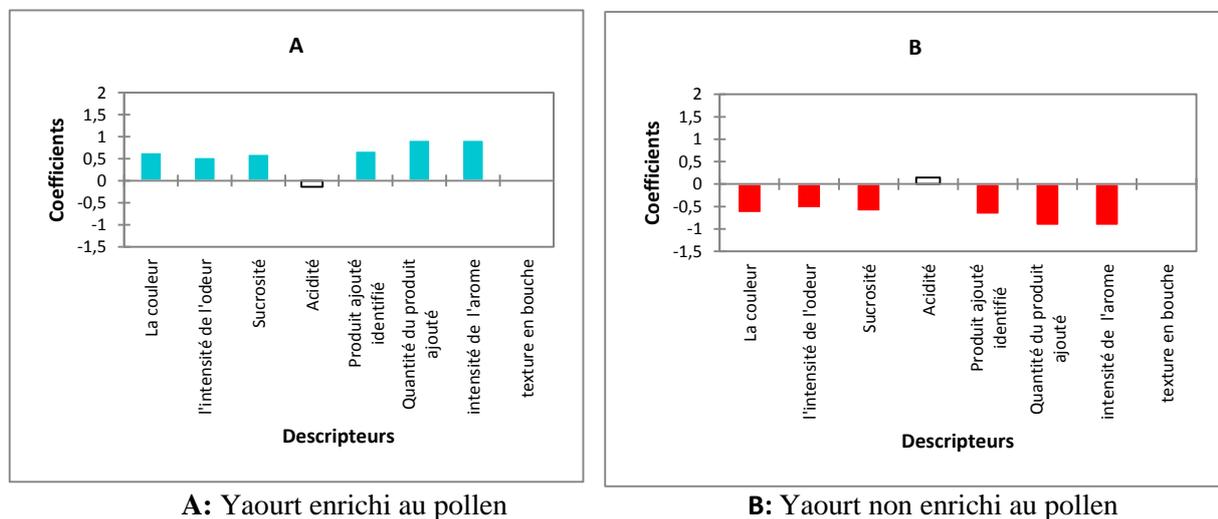


Figure 17: Coefficients des modèles des échantillons

Les graphiques de la figure 17 permettent de visualiser et de définir les appréciations des descripteurs des deux échantillons du yaourt A et B par les jurys experts.
Bleu : les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positifs.

Rouge : les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatifs

Blanc : les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs

Ces résultats de la figure 17 montrent que :

- ✓ L'échantillon A : la figure illustre que la couleur, l'intensité de l'odeur, la sucrosité, l'identification du produit ajouté, la quantité du produit ajouté et l'intensité de l'arôme sont présentés en bleu, et les autres caractéristiques (acidité et texture en bouche) sont en blanc. Cela signifie que le yaourt A est caractérisé par une couleur jaunâtre, un arôme et une odeur intenses, une quantité élevée de produit ajouté avec un goût sucré
- ✓ L'échantillon B : la figure montre que la couleur, l'intensité de l'odeur, la sucrosité, l'identification du produit ajouté, la quantité du produit ajouté et l'intensité de l'arôme sont présentés en rouge, et les autres caractéristiques (acidité et texture en bouche) sont en blanc. Ce qui nous amène à conclure que le yaourt B est caractérisé par une couleur blanche, une odeur, un arôme et un sucré faible.

c. Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le tableau XI.

Tableau XI: Moyennes ajustées par produit.

	intensité de l'arome	La couleur	Produit ajouté identifié	l'intensité de l'odeur	Sucrosité	Quantité du produit ajouté	Préférence	texture en bouche	Acidité
A	3,241	2,455	2,335	3,254	3,638	3,116	7,214	4,125	1,857
B	1,384	1,170	0,978	2,183	2,424	1,259	5,786	4,125	2,143

Le tableau des moyennes ajustées par produit permet de faire ressortir les moyennes, quand les différents produits et les caractéristiques sont croisés. Les cellules en bleu sont les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale, et en rouge celles sont significativement plus petites que la moyenne globale.

Les résultats sont affichés comme suit :

- ✓ Pour le yaourt A, nous remarquons que les descripteurs : intensité de l'arôme, la couleur, produit ajouté identifié, l'intensité de l'odeur, sucrosité, quantité du produit ajouté, sont significativement plus grandes que la moyenne global.
- ✓ Pour le yaourt B, nous remarquons que les descripteurs : intensité de l'arôme, la couleur, produit ajouté identifié, l'intensité de l'odeur, sucrosité, quantité du produit ajouté, sont significativement plus petite que la moyenne.

4.2.3.3. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus utilisées dès lors que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel les observations (des individus, des produits, ...) sont décrites par p variables (des descripteurs, attributs, mesures, ...). Si p est assez élevé, il est impossible d'appréhender la structure des données et la proximité entre les observations (Jolliffe, 2002).

La figure 18 permet de présenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

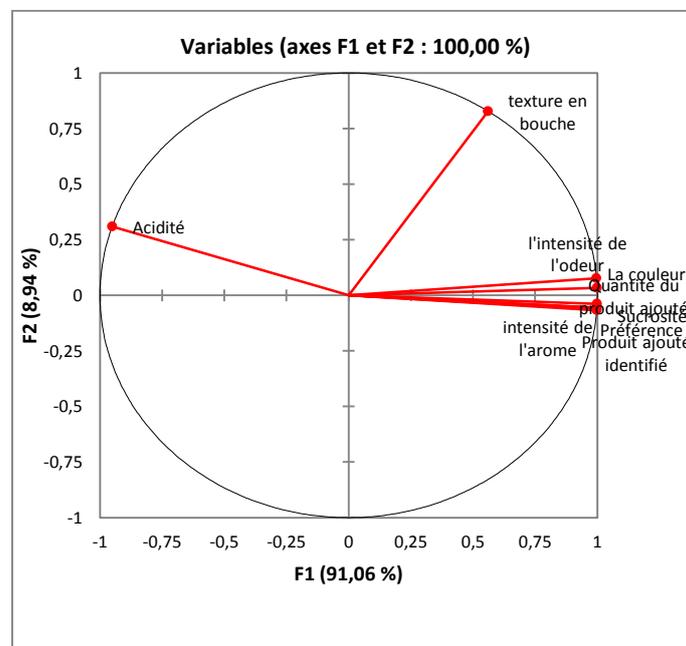


Figure 18 : Corrélations entre les variables et les facteurs

La figure obtenue montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle, et que le niveau de variabilité est de 100%. Cela permet de constater que les produits ont été perçus par les experts comme différents.

Conclusion

Conclusion et Perspectives

Le travail effectué au sein de l'entreprise « DANONE » nous a permis de produire un yaourt brassé enrichi avec de la poudre du pollen, mais aussi d'enrichir nos connaissances dans le domaine du contrôle de qualité et d'analyses des yaourts.

Les résultats des analyses physico-chimiques (teneur en protéines, brix), du dosage des antioxydants (polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes) et de l'évaluation de l'activité antioxydante du pollen, montrent que le type de pollen utilisé est une matière de valeur nutritionnelle intéressante, apportant aussi bien des protéines et des sucres. Notons aussi qu'il est de très bonne activité antioxydante et constitue une bonne source d'antioxydants qu'il ne faut pas négliger, ce qui en fait un supplément alimentaire de qualité.

Pour l'élaboration d'un yaourt enrichi au pollen, il a fallu faire une série d'essais au niveau de laboratoire toute en respectant les méthodes d'analyse et les étapes de fabrication de yaourt à l'unité DDA.

Le yaourt élaboré est caractérisé par un pH légèrement acide 4,40, un extrait sec total de 27,11%, une viscosité de 28,7g, une teneur en sucres réduite de 22,07%, une teneur en protéines de 5,4% et un taux de matière grasse de 2,83%.

Les résultats des analyses microbiologiques du yaourt élaboré dévoilent clairement leurs parfaite conformité aux normes, ce qui offre au yaourt élaboré une meilleure stabilité et une bonne qualité hygiénique. Cela, grâce à la maîtrise du processus de fabrication ainsi que le respect des normes préconisées pour la fabrication du yaourt.

De plus, l'analyse sensorielle effectuée, par un ensemble de dégustateurs sur le yaourt produit démontre d'une manière générale que le yaourt fabriqué à base de pollen et aromatisé au miel, présente de bonnes caractéristiques organoleptiques.

Comme perspective à ce travail, il serait intéressant d'étudier le comportement des pollens dans les milieux liquides et ceci pour expliquer le phénomène de décantation.

De nombreuses analyses seraient nécessaires pour mieux connaître les valeurs nutritionnelles de ce yaourt et son pouvoir antioxydant.

Références bibliographiques

Références bibliographique

A

Abd El-Hady F. et Hegazi A., (1986). Activité biologique du pollen, Centre national de recherche, Dokki, Giza, Egypte.

Al ML, Daniel D., Moise A., Bobis O., Laslo L. et Bogdanov S., (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food Chemistry*.112, 863-867.

Aleksandar-Z., Kostic-C., Miroljub B., Bara-C., Sladjana P., Stanojevi-C., Du-sanka M., Milojkovi-c-Opsenica., Zivoslav Lj Te-si c., Branko-Sikoparija, Predrag R., Marija P.,Mirjana B. et Pe-si-c.,(2015). Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia. *Food Science and Technology*. 62, 301-309.

Almeida-Muradian L.B., Pamplona L.C., Coimbra S. et Barth O.M., (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition Analysis*, 18:105-111.

Amellal H., (2008). Aptitude technologie de quelque variété commune de datte, formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université Boumerdes. Pp. 164.

Amigou M., (2016). Les résidus de médicaments vétérinaires et de pesticides dans les produits apicoles alimentaires (miel, pollen, gelée royale et propolis). Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, pp. 139, 27-41.

Apimondia, (2001). Standing commission of apitherapy Traité d'Apithérapie, La médecine par les abeilles [cédérom] v.1.01 PC-Mac Produit par Api-Ar International SA R Brussels. ISBN: 2- 9600270-0-0.

Ares A M., Valverde S., Bernal JL., Nozal M J. et Bernal J., (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*: 147. 110–124.

Arráez-Román D., Zurek G., Bäßmann C., Almaraz-Albarca N., Quirantes R., Segura Carretero A. et Fernández-Gutiérrez A., (2007). Identification of phenolic compounds from pollen extracts using capillary electrophoresis–electrospray time–of–flight. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389:1909-1917.

Azeredo L.D.C., De Souza S.R et Dutra V.M.L., (2003). Protein contents and physicochemical properties in honey samples of *Apis mellifera* of different floral origins *Food Chemistry*., 80, pp. 249-254

B

Barajas J., Cortes-Rodriguez M. et Rodriguez-Sandoval E., (2012). Effect of temperature on the drying process of bee pollen from two zones of Colombia. *Journal of Food Process Engineering*. 35(1), 134-148.

Béal C. et Sodini I., (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. *Technique de l'ingénieur, traité agroalimentaire*. Paris, 16p.

Bergamaier D., (2002). Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lactobacillus rhammosus* RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum. Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada.

Boudier J.F., (1990). Produits frais. In laits et produits laitier. Vache – Brebis – Chèvre. Luquet, F.M.(Eds) *Technique et Documentation*, Lavoisier, Paris, p : 35-66.

Bourlioux P., Braesco V. et Mater DDG., (2011). Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de nutrition et de diététique* 46, 305–314.

Biri M., (2002). Le grand livre des abeilles (cours d'apiculture moderne). Ed. De vecchi. S.A. Paris. pp: 76-77.

Blanc M., (2010). Propriétés et usage médical des produits de la ruche. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de limoges, Faculté de Médecine et de Pharmacie.

Bogdanov S., Cherbuliez T. et Stangaciu S., (2006). Produits apicoles et santé *AIP forum*, (41f) p:3-51.

Bogdanov S., (2014). Pollen: production, nutrition and health: a review. *Bee product science*.

Boizot N. et Charpentier JP., (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. INRA - Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières, Laboratoire d'Analyses Biochimiques, BP 20619 Ardon. 79-82.

Bradbear N., (2010). Le rôle des abeilles dans le développement rural, manuel sur la récolte, la transformation et la commercialisation des produits et service dérivés des abeilles. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 238p.

Bradford M., (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*. 72:248-254.

Branger A., (2004). Fabrication de produits alimentaires par fermentation: l'ingénierie. *Techniques de l'ingénieur*, F3501, 1-15.

Britz J. et Robinson R.K., (2008). *Advanced dairy science and technology*, 300p.

Bruneau E., (2009). Chapitre IX: Les produits de la ruche in Clément H. et al. Le Traité Rustica del'apiculture Editions Rustica, Paris, 354-387.

Burillard, L., Daumas, V., Glaz, M., Kouyoumdjian, I., Lobrot, S., Logier, D., Mallot, N., Marchand, C. (2016), la fermentation alimentaire.

C

Campos M. G. R., Bogdanov S., de Almeida-Muradian L. B., Szczesna T., Mancebo Y., Frigerio C. et Ferreira F., (2008). Pollen composition and standardization of analytical methods. Journal of Apicultural Research and Bee World.47 (2): 156-163.

Chaabi M., (2008). Etude phytochimique et biologique d'espèces végétales africaines : euphorbia stenoclada baill. (euphorbiaceae), anogeissus leiocarpus guill. & perr. (combretaceae) limoniastrum feei (girard) batt. (plumbaginaceae). Thèse de doctorat.

Charpin, (2004). Les pollens, les pollinoses et autres maladies respiratoires allergiques, service pneumo-allergologie de l'hôpital Nord France, p10.

Cherbuliez T. et Domerego R., (2003). *L'apithérapie : médecine des abeilles*, éd. Amyris, p254.

Clark S. et Plotka V.C., (2004). Yoghurt and sour cream: operational procedures and processing equipment. *In: Handbook of food and beverage fermentation technology* (Taylor C.R.C. et Francis G.,) New York, USA.

Classeau P., (2010). Technologie laitière. Fabrication du yaourt à la ferme.

D

Dancy A., (2015). Le Tao du Pollen & L'Art des aiguilles et du Feu. Centre Imhotep. pp 42

Darrigol J.L., (1979). Le miel pour votre santé : Propriétés thérapeutique du miel, du pollen, de la gelée royale et de la propolis. Edition Dangles.France :p.140.

Donadieu Y., (1983). Le pollen : thérapeutique naturelle. Edition Maloine S.A ; 6ème ed., Paris. ISBN 2-224-00873-2.

E

Elser E. et Ganzmuller J., (1930). Diechemische Zusammense tzung einiger. Blütenstaubarten.Z. Physicol Chemistry, 194, 21.

Enkelejda P., (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur. Thèse de doctorat en science des aliments. Institut national agronomique paris grignon.

F

FAO., (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Amazon, Rome, Italie.

Farkey N. et Imafidon Y., (1995). Thermal denaturation of indigenous milk enzymes. *In* Heat-induced changes in milk. *International Dairy*, Deuxième édition. Fox. P. H. (Eds).

G

Gauthier CH., (1997). La récolte du pollen: un débouché supplémentaire à la portée de tous.

Goût et Jardel. (1998). Le monde du miel et des abeilles. Del chaux et niet. Paris.

Goulet O., (2017). Yaourt, un nouveau regard. Cahiers de nutrition et de diététique. 52S, S3-S4.

H

Hadri N., (2015). Etude phytochimique et activité antioxydante d'extrait de plantes *Sedum villusum* L. (Orpin) et *Anabasis articulata* Moq. (Forsk). Thèse de Doctorat en Biologie cellulaire et biochimie. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, , pp. 106.

Haque A., Richarson R.K et Morris E.R., (2001). Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt. *Food Hydrocoloids*, 15, 593-602.

Human H et Nicolson S.W., (2006). Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of aloe greatheadii var. davyana. *Photochemistry*, v.67, p. 1486-1492.

I

Ihemeje A., Nwachukwu C.N., Ekwe C.C., (2015). Production and quality evaluation of flavoured yoghurts using carrot, pineapple, and spiced yoghurts using ginger and pepper fruit. *African journal of food science*. Pp 163-169.

J

Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P et Brulé G., (2008). Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. Lavoisier-Paris : pp 3-57.

Jimoh K.O. et Kolapo A.L., (2007). Effect of different stabilizers on acceptability and shelf of soy-yogurt. *African Journal of Biotechnology*, Vol.6 (8), pp 1000-1003.

Jolliffet I .T., (2002). Principal Component Analysis, 2ème Ed. Springer, New York,p. 13-18.

J.O.R.A N°86 du 18 Novembre 1998. Arrêté interministériel du 16 jourmada ethani 1419 correspondant au 7 Octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.

K

Katalinic V., Milos M., Kulisic T. et Jukic, M., (2006). Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chemistry* 94, 550-557.

Kieffer D., (2014). Vertus du miel, de la propolis et de la gelée royale, V. et C. Fabrocini, éditions de Vecchi. Encyclopédie de revitalisation naturelle, éditions Sully. ISBN978-2-35432-214-4

Kieliszek M., Piwowarek K., Kot A.M., Błażej S., Chlebowska-Śmigiel A. et Wolska I., (2017). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review, *Trends in Food Science & Technology*, doi: 10.1016/j.tifs.2017.10.021.

Kiros E., Seifu E., Bultosa G. et Solomon W.K., (2016). Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*. Pp191-196.

Kjeldahl J., (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter *.Z. Analytical Chemistry*, 22(1), 366-382.

Kumar S. et Pandey A. K., (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, Article ID 162750, 16.

L

Lamontagne M., Claude P., Champagne C.P., Moineau S., Gardner N. et Fiss I., (2002). Microbiologie du lait. In : Science et technologie du lait. Ed. Fondation de technologie laitière du Québec Inc. ST. Laurent. Ecole polytechnique de Montréal. PP : 89-90.

Lamoureux L., (2000). Exploitation de l'activité β - galactosidase de culture de bifidobactéries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada.

Lecoq R., (1965). Manuel d'analyse alimentaire et d'expertises usuelles. Tome 1. Edition Doin et Cie. p: 200-203, 569, 1604-1613.

Lee W.J. et Lucey J.A., (2010). Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animals Sciences*, 23, 1127 -1136.

Leja M., Mareczek A., Wy-zgolik G., Klepacz-Baniak J. et Czekon'ska k., (2007). Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*.100, 237-240.

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

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

M

Macheix J-J., Fleuriet A. et Jay-Allemand C., (2005). Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, Presses polytechniques et universitaires romandes, p. 93.

Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. et Schuck P., (2000). Produits fermentés et desserts lactés. In: Les produits industriels laitiers. Tech&Doc, Lavoisier, Paris.

Marc F., Davin A., Deglène-Benbrahim L., Ferrand C., Baccaunaud M. et Fritsch P., (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *M/S : médecine sciences*, 20(4), 458–463. doi:10.7202/008122ar.

Margarita L., Chávez-Quiroz K., Medina-Juárez L. et Gámez Meza N., (2012). Phenolic Characterization, Melanoidins and Antioxidant Activity of Some Commercial Coffees from *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *J. Mex. Chem. Soc.*, 56(4), 430-435, Sociedad Química de México ISSN 1870-249X.

Mărghitaş L.A., Stanciu O.G., Dezmirean D.S., Bobiş O., Popescu O., Bogdanov S. et Graca Campos M., (2009). In vitro antioxidant capacity of honey bee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115: 878-883.

Marty-Teyssset C., De La Torre F. et Garel J-R., (2000). Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 262-267.

Massaux C., (2016). Pollens: une composition nutritionnelle d'intérêt !. *Abeilles & cie* n°174. 29-30.

Messaïd H., (2008). Optimisation du processus d'immersion-réhydratation système datte séché-jus d'orange. Thèse de magistère en biologie, Université m'Hamed boguera de Boumerdes, Faculté des Sciences, 109P.

Mutsaers M., Blitterswijk H V., Leven V L., Kerkvliet J. et Waerkt J V D., (2005). Produits de l'apiculture: propriétés, transformation et commercialisation. Edition: Agrodok 42. Pays-Bas. : 92-9081-306-7. pp.11-34.

N

Nagai T., Nagashima T., Suzuki N. et Inoue R. (2005). Antioxidant activity and angiotensin I converting enzyme inhibition by enzymatic hydrolysates from bee bread Z. Naturforsch C. 60(1-2):133-138.

Narayana R.K., Reddy S.M., Chaluvadi M.R. et Krishna D.R., (2001). Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. Indian Journal of Pharmacology, 33: 2-16.

Narayanan N., Roychoudhury P. et Srivastava A., (2004). L (+) lactic acid fermentation and its product polymerisation. Electronic Journal of Biotechnology, 2, 167-179.

Nongonierma A.B., Springett M., Le Quéré J.L., Cayot P., et Voilley A., (2006). Flavour release at gas/matrix interfases of stirred yoghurt models. International Dairy Journal, 16,102-110.

P

Paci Kora E., (2004). Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la flaveur ? Thèse de doctorat de l'institut national agronomique de Paris-Grignon.sciences des aliments.

Panesar P.S., Kennedy J.F., Gandhi D.N. et Bunko K., (2007). Bioutilization of whey for lactic acid production. Food chemistry, 105, p1-14.

Percie Du Sert, (2009). Les pollens apicoles. Phytothérapie 7, p75-82.

Perinel E. et pages J., (2004). Optimal nested cross-over designs in sensory analysis, food Quality and Preference, vol. 15, N° 5, p. 439-446.

Philippe J.M., (2007). Le guide de l'apiculture. Edisud, Aix-en-Provence, France, p 271-272.

Prakash A., (2001). Antioxidant activity. Medallion Laboratories. Analytical Progress 19 (2), 1-6.

R

Ravazzi G., (2003). Les autres produits de la ruche. In Abeille et apiculture. Vecchi. Paris, p.117.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. et Rice-Evans C., (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26, 1231–1237.

S

Sanful Rita E., (2009). Promotion of coconut in the production of yoghurt. *African Journal of Food Science* Vol. 3 (5). pp. 147-149.

Sass-Kiss A., Kiss J., Mitotay P., Kerek MM et Toth-Markus M., (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Res.Int.* 38, 1023-1029.

Sauvager F., (2012). Les produits de la ruche et la santé humaine. Montpellier.

Sebaaoui Q., (2009). Le miel, la Gellé royale, le pollen, Viulleneuve D'ASCQ.pp.1-32.

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

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

Syndifrais, (1997). Yaourts, laits fermentés. In *Lait* .77 :321-358.

Syndifrais, (2011). Tout savoir sur le yaourt, Paris Cédex **AFNOR 1999.** Lait et produits laitiers, v.1, Ed. Technique et documentation.

T

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

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

Tamime A.Y. et Robinson R.K., (1999). Yogurt science and technology, 2eme Edition, *Cambridge, Woodhead Publishing*, England.

Temizer I.K., Guder A., Turkmen Z. et Celekli O.G., (2017). Gas chromatography and mass spectrometry analysis, chemical contents and antioxidant properties of *onobrychis* spp.

(fabaceae) pollen collected by honeybees. Fresenius Environmental Bulletin, Volume 26 ± No. 1a, pages 962-968.

V

Veisseyre R., (1975).Technologie du lait. p 329-330.

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

W

Wang M., Zhao W-Z., XU H., Wang Z-W. et HE S-Y.,(2015). Bacillus in the guts of honeys bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae mediate changes in amylase values, European Journal of Entomology. 112(4): 619-624.

Y

Yang K., Wu D., Ye L.D ., Chen J. et Sun P., (2013). Characterization of chemical composition of bee pollen in China. J. Agric.Food Chem. 61,708-718.

Yildiz F., (2010). Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products.454 p.

Références électroniques

Anonyme 1, (2018) : Consulté le lien suivant:

<https://www.skyandtelescope.com/observing/sneezing-at-the-full-moon/>

Anonyme 2, (2018): Consulté le lien suivant: WWW.raw-milk-facts.com

Anonyme 3, (2018): Consulté le lien suivant: <http://www.musee-afrappier.qc.ca/fr/>

Annexes

Annexe 01 : Présentation de l'organisme d'accueil

1. Historique de DANONE :

Les origines du groupe Danone remontent à 1966, lors de la fusion de deux sociétés françaises verrières, glace de Boussois et verrières Souchon Newesel (BSN).

En 1973, le groupe (BSN) et Gervais Danone réalisent un chiffre d'affaire très important dans les produits laitiers et les pâtes, et devient le premier groupe français

En 1989, le groupe (BSN) était le troisième groupe agroalimentaire européen et le premier en France, en Italie et en Espagne.

En 1990 le groupe a adopté une stratégie de consolidation des positions acquises, il a acquis Volvic en France afin de renforcer sa position les activités d'eau en bouteille.

A partir de 1977, il a engagé un programme de recentrage sur trois mesures (produits laitiers frais, boissons et biscuits, snacks céréaliers) qui présentent un chiffre d'affaire de 77%.

En octobre 2001, le leader mondial DANONE a conclu un partenariat avec la laiterie DJURDJURA.

Le fondateur de groupe Antoine Riboud est mort en 2002, succédé par son fils Frank.

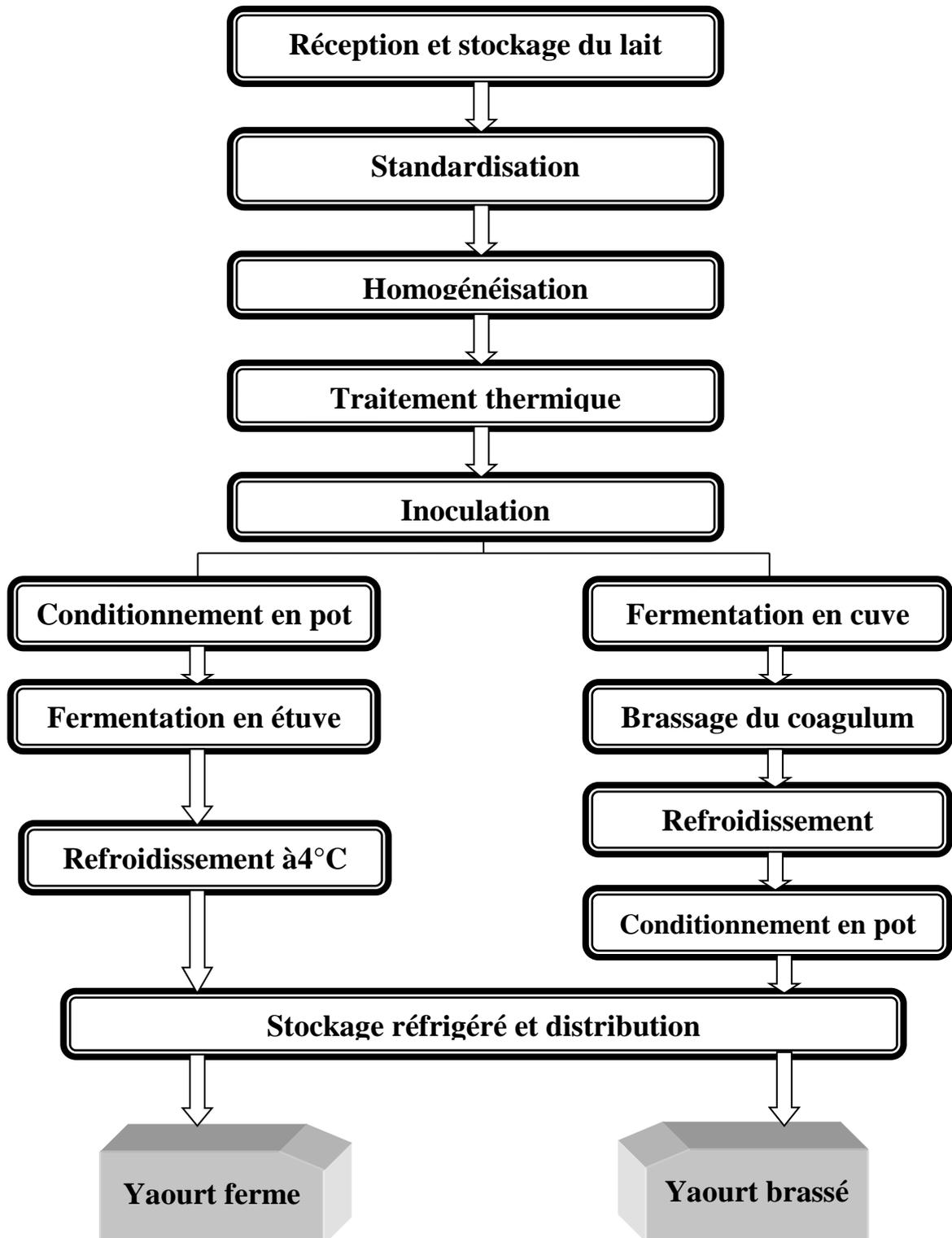
DANONE DJURDJURA SPA a réalisé en 2005 un chiffre d'affaires d'un peu plus de 60 millions d'euros, en distribuant principalement les marques Danao, Petit Gervais aux fruits, Activia, Danette et Fruix.

En 2006, DANONE DJURDJURA Algérie dispose 40% de marché Algérien et signe un protocole d'accord pour porter 95% le total de ces intérêts. Mr Batouche, actionnaire depuis la création de la société conservera le solde des 5%.

2. Situation géographique

DANONE DJURDJURA est implantée dans zone industrielle d'Akbou «TAHARACHT », véritable carrefour économique de Bejaia. De quelques 50 unités de production agroalimentaires qui se trouve à 60km de Bejaia et à 170 à l'est de la capitale Alger.

Annexe 02 : Diagramme de fabrication des deux types de yaourt d'après (Syndifrais, 2011)



Annexe 03 : Récapitulatif des propriétés thérapeutiques du pollen

Cible	Propriétés thérapeutiques
L'appareil digestif	Régularisation de divers troubles fonctionnels (type constipation), action sur les entérocolites et colites
Le système cardio-vasculaire	Traitement de la fragilité capillaire, régulation de l'hypertension artérielle.
L'appareil génito-urinaire	Traitement des troubles de la prostate, de la cystite à colibacilles.
Le système neuropsychique	Stimulation de l'humeur avec un effet euphorisant, accompagnés d'une augmentation des capacités intellectuelles.
L'ophtalmologie	Correction des troubles visuelles.
La dermatologie	Traitement de l'alopecie et prévention de la chute des cheveux.
Le métabolisme en général	Effets régulateurs agissant à différents niveaux (croissance, vieillissement organique...).

Annexe 04: Récapitulatif des propriétés thérapeutiques du yaourt

Cible	Propriétés thérapeutiques
Le système immunitaire	-Renforce, stimule le système immunitaire : prévenir certains maladies telles que la grippe, le rhume et réduit l'inflammation liée à plusieurs problèmes de santé, allant des infections virales aux troubles intestinaux.
La santé osseuse	-Préserve la masse osseuse et la force: prévenir l'ostéoporose, maladie caractérisée par un affaiblissement des os.
Le système cardio-vasculaire	-Protège la santé cardiaque : par l'augmentation du bon cholestérol HDL et la réduction de la pression artérielle.
Le tube digestif	- Action protectrice sur la flore intestinale liée à la présence et à l'action des ferments lactiques.
Sur le métabolisme général	-Favorise une bonne gestion du poids : augmente les taux d'hormones de réduction de l'appétit, réduire l'incidence de l'obésité.

Annexe 05: Courbes d'étalonnage

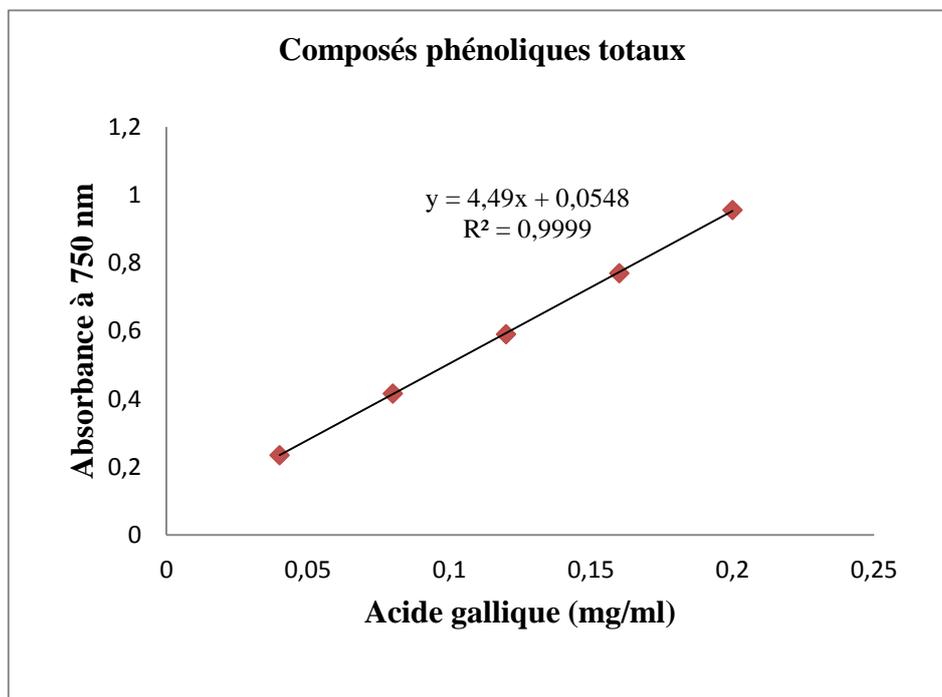


Figure 1: Courbe d'étalonnage de dosage des composés phénolique totaux.

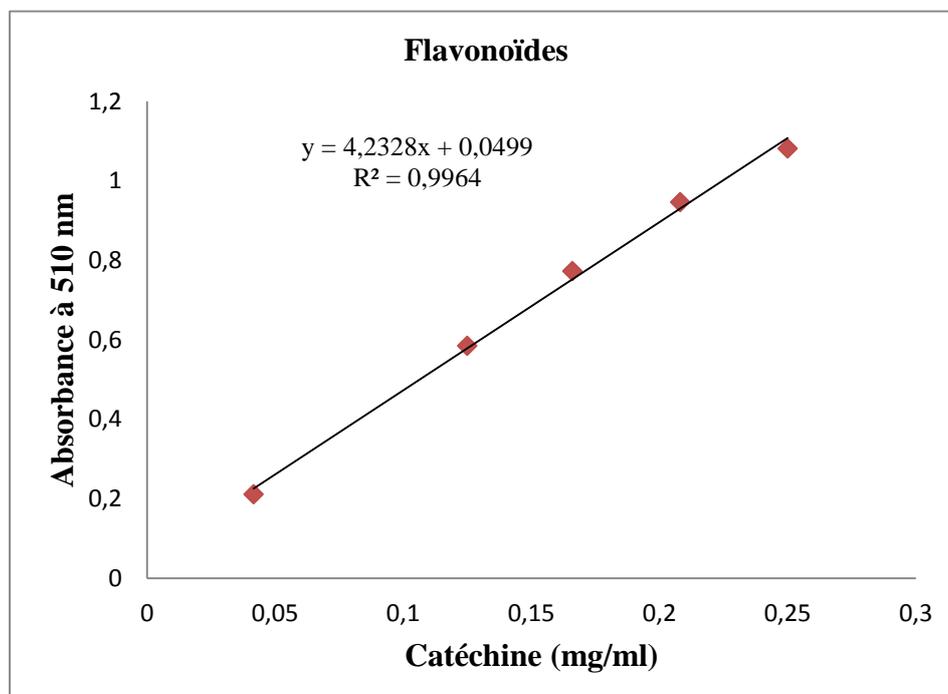


Figure 2: Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes.

Annexe 06: Courbes d'étalonnage

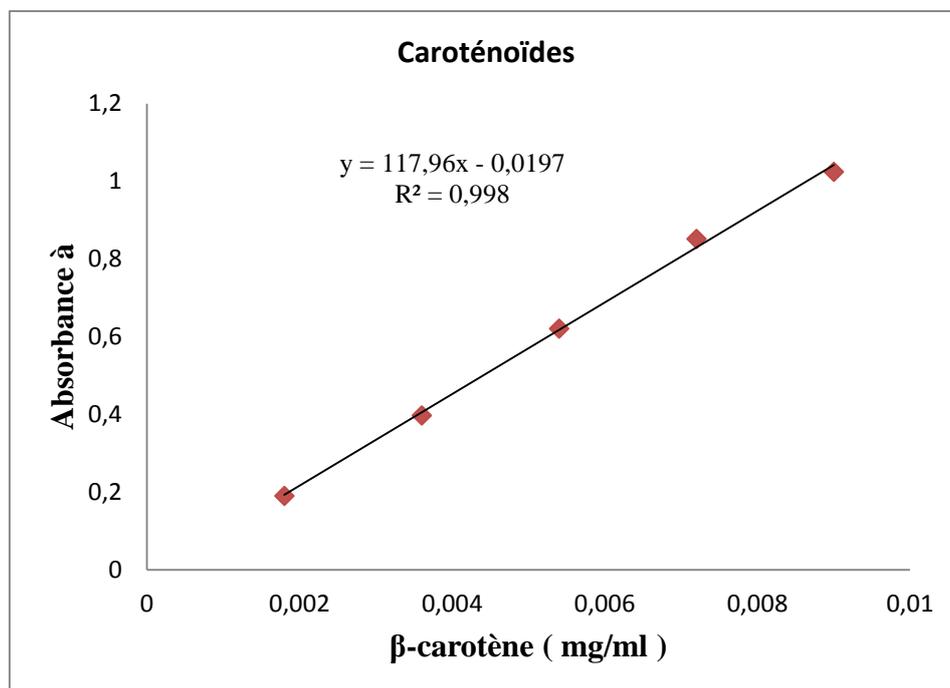


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de dosage des caroténoïdes.

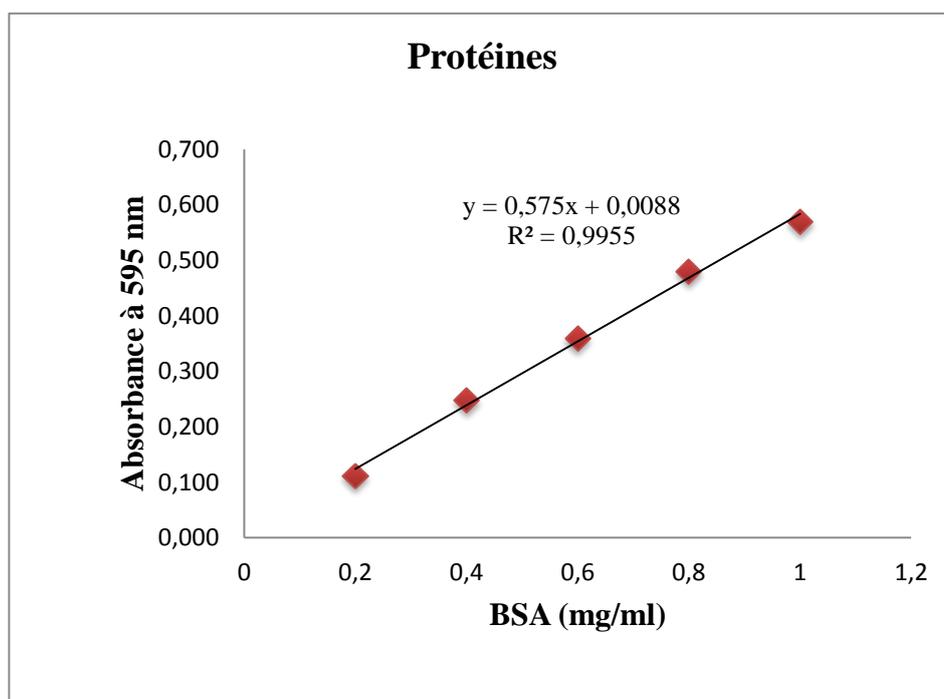


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de dosage des protéines.

Annexe 7: Questionnaire

Université A. MIRA – Bejaia

Questionnaire d'Analyse Sensorielle du yaourt brassé

Age :

Date :

h :

Sexe : Féminin

masculin

Dans le cadre d'une analyse sensorielle d'un yaourt brassé enrichi, deux échantillons codés A et B vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et attribuer une appréciation selon des codes donnés de 1 à 5.

1. La Couleur

1. Blanc
2. Beige
3. Jaune
4. Moutarde
5. Orange

Echantillon A	Echantillon B

2. Intensité de l'odeur (sans gouter)

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

Echantillon A	Echantillon B

3. Sucrosité

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

Echantillon A	Echantillon B

4. Acidité

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

Echantillon A	Echantillon B

5. Produit ajouté identifié:

1. Non identifié
2. Miel
3. Curcuma
4. Pollen
5. Citron

Yaourt A	Yaourt B

6. Quantité du produit ajouté :

- 1-Absent
- 2-Faible
- 3-Moyenne
- 4-Forte
- 5-Très forte

Echantillon A	Echantillon B

7. Intensité de l’Arome (après avoir goûté le yaourt)

- 1-Absent
- 2-Faible
- 3-Moyenne
- 4-Forte
- 5-Très forte

Echantillon A	Echantillon B

8. Texture en bouche

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

Echantillon A	Echantillon B

Préférence : Attribuer une note de 1 à 9 pour chaque échantillon selon votre préférence sachant que 1 correspond au moins préféré et le 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

Echantillon A	Echantillon B

Merci pour votre participation

Résumé

Ce travail porte sur l'élaboration d'un yaourt enrichi avec le pollen. Afin de valoriser le pollen, des analyses physico-chimiques (teneur en protéines, brix), des dosages des antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, caroténoïdes) ont été réalisés et une évaluation de l'activité antiradicalaire (on utilisant le radial DPPH, ABTS) a été effectuée. Les résultats obtenus sont : Protéines ($2483,47 \pm 243,47$ mg EBSA/100g), brix (7,25%), polyphénols totaux ($1700,37 \pm 94,64$ mg EGA/100g), flavonoïdes ($636,26 \pm 60,30$ mg Ec/100g), caroténoïdes ($47,22 \pm 1,18$ mg E β -carotène /100g), DPPH ($76,86 \pm 1,023\%$) et ABTS ($94,01 \pm 5,24\%$). Un yaourt brassé enrichi avec le pollen a été préparé et les analyses suivantes ont été réalisées : pH, viscosité, Extrait Sec Total, brix, teneur en protéines et taux de la matière grasse. Les résultats obtenus sont : 4,40 ; 28,7g ; 27,11% ; 22,07% ; 5,4% ; 2,83%, respectivement. Les analyses microbiologiques (entérobactéries, flore totale aérobie mésophile, levures et moisissures) sont conformes aux normes. L'analyse sensorielle a montré que le yaourt au pollen est apprécié.

Mot clés : Yaourt, Pollen, Analyses physico-chimiques, Analyses microbiologiques, Analyses sensorielles.

Abstract

This work focuses on the development of yoghurt enriched with pollen. In order to enhance the pollen, physico-chemical analyzes (protein content, brix), antioxidant assays (total polyphenols, flavonoids, carotenoids) were carried out and an evaluation of the antiradical activity (using the DPPH radial, ABTS) has been done. The results obtained are: Proteins (2483.47 ± 243.47 mg EBSA / 100g), brix (7.25%), total polyphenols (1700.37 ± 94.64 mg EGA/ 100g), flavonoids (636.26 ± 60.30 mg Ec / 100g), carotenoids ($47.22 \pm 1,18$ mg E-carotene / 100g), DPPH ($76.86 \pm 1.023\%$) and ABTS ($94.01 \pm 5.24\%$). Yoghurt brew enriched with pollen was prepared and the following analyzes were performed: pH, viscosity, total dry extract, brix, protein content and fat content. The results obtained are: 4,40; 28,7g; 27,11%; 22,07%; 5,4%; 2,83%, respectively. Microbiological analyzes (enterobacteria, total aerobic mesophilic flora, yeasts and molds) comply with the standards. Sensory analysis has shown that pollen yogurt is appreciated.

Key words: Yoghurt, Pollen, Physico-chemical analyzes, Microbiological analyzes, Sensory analyzes.