

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Department des Sciences Agronomiques

قسم العلوم الزراعية

Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2

Option : « Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité »

THÈME

**Développement d'un lait fermenté de type « yaourt » à
partir des flocons d'avoine et analyse de la qualité du
produit**

Soutenu le : 12 /06/ 2023

Présenté Par : M^{lle} Belleili Imane

Devant le jury composé de :

Présidente : Benarachou Nora (MCA)

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Examinatrice : Bouanani Samia (MCB)

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Encadrant : Benmeziane F. (Pr)

Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Année universitaire 2022 - 2023

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص.ب رقم 73 الطارف - الجزائر
Université Chadli Bendjedid d'El Tarf. BP : 73, El Tarf 36000 Algérie
فاكس : +213 38.30.15.28 : الهاتف : 09.43/38.30.18.93 213/
Téléphone : +213 38.30.18.93/09.43/ Fax : +213 38.30.15.28 <http://www.univ-eltarf.dz>



*Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur,
Je dédie ce modeste travail à **mon père** Mohamed qui a fait de
moi la femme que je suis, à **ma tendre mère** chahrazed que
j'aime, mes parents m'ont aidé à suivre le chemin de la science,
m'ont encouragé durant toute ma vie à m'abreuver à la source
des connaissances et n'ont pas cessé de sacrifier leur bien-être
pour ma réussite et mon bonheur, que je les suis
reconnaissante et c'est par honneur et fierté je leurs dédie mon
travail.*

*A **mes frères aimables** : Zakaria et Abdenour pour leurs
encouragements et leurs soutiens tout le long de mon parcours
académique. A ma meilleure ami : Sara Aoun source d'espoir
et de motivation*

*A mes chères tantes **Dalila** et **Yasmina** et a toute ma famille
sans exception.*

*Mes amies : **Riheb**, Doua et safa*

Belleili Imane



Tout d'abord, je tiens à remercier le Bon Dieu de m'avoir donnée la volonté, le courage et la force pour terminer mon travail et pour sa bienveillance jusqu'au bout du parcours de mes études.

*Je tiens particulièrement à remercier mon encadrant **Mme Benmeziane -Darradji F**, pour avoir accepté d'encadrer ce travail, je la remercie pour sa disponibilité, ses pertinents conseils et pour les efforts qu'elle a consenti durant la réalisation de ce mémoire*

*J'adresse mes plus vifs remerciements aux membres des jurys **Mme Bouanani** et **Mme Benrachou** qui ont bien voulu donner de leurs temps pour examiner ce travail.*

*Je tiens à remercier **Mr Boumaila Hacene** mon tuteur de stage pour son soutien, et aussi tout le personnel et les responsable du laboratoire de l'Enterprise EDOUGH-Annaba pour leurs entières disponibilités et coopération lors de la réalisation de cette présente étude.*

*J'adresse mes vifs remerciements à **Mr Berrahmoune** pour son accueil au sein de son laboratoire.*



Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

INTRODUCTION GÉNÉRALE 1

Partie I. Synthèse bibliographique

I. Généralités sur l'avoine (<i>Avena sativa</i> L.)	3
1. Histoire de la plante.....	3
2. Description de la plante	4
3. Classification botanique	5
4. Le grain d'avoine.....	5
5. Importance de la culture en Algérie	7
6. Utilisations de l'avoine.....	7
7. Composition biochimique et valeur nutritionnelle.....	8
8. Propriétés antioxydants	10
9. Intérêts nutritionnels et effets thérapeutiques.....	11
II. Les ferments lactiques caractéristiques du yaourt	
1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt	13
1.1. Le ferment <i>Streptococcus thermophilus</i>	13
1.2. Le ferment <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	13
2. Relation entre <i>L. bulgaricus</i> et <i>S. thermophilus</i>	14

Partie II. Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel & Méthodes

1. Démarche expérimentale	15
2. Matériel végétal.....	15
2.1. Détermination des quelques propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine.....	16

2.2 Préparation de la boisson à l'avoine « lait d'avoine ».....	16
2.3 Préparation du jus de melon.....	16
3. Préparation du yaourt	17
3.1. Analyse physicochimie des matières premières.....	17
3.1.1. Détermination de la densité	17
3.1.2. Détermination de la matière grasse	18
3.1.3. Mesure de pH	18
3.1.4. Détermination de l'extrait sec total	19
3.1.5. Détermination de l'acidité	19
3.1.6. Degré Brix	20
3.1.7. Conductivité électrique	20
3.2. Préparation proprement dite du yaourt	20
4. Détermination des paramètres de qualité du produit fini	23
4.1. Détermination de pH	23
4.2. Détermination de l'acidité	23
4.3. Détermination de l'extrait sec total	23
4.5. Mesure de la synérèse.....	24
5. Qualité microbiologique	24
6. Analyse sensorielle	25
7. Valeur nutritionnelle	26

Chapitre II. Résultats & Discussion

1. Propriétés physicochimique et techno –fonctionnelles de la farine d'avoine	28
2. caractérisation physico-chimique des laits de vache et d'avoine	31
2.1 pH et acidité	31
2.2 extrait sec.....	31
2.3 Degré Brix	31
2.4 Conductivité électrique.....	31
2.5 Densité.....	31

3. Analyse du produit fini	32
3.1 Analyse physico-chimique	32
3.2 Analyse microbiologique.....	35
3.3 Analyse sensorielle	38
3.4 Valeur nutritionnelle.....	47
4. Evaluation économique du produit	49
4.1 Matière première.....	49
4.2 Main d'œuvre	49
4.3 Frais divers	49
Conclusion et perspectives.....	51
Références bibliographiques	53
Annexes	58

Liste des tableaux

Numéro	Titre du Tableau	Page
1	Profil nutritionnel de 100 g de grains d'avoine cru	8
2	Recette du yaourt a base lait animal (lait de vache) et lait végétale (lait d'avoine)	22
3	Représentation simplifiée des germes recherchés	24
4	Caractéristiques physicochimiques et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine	28
5	Caractéristiques physicochimiques des laits de vache et d'avoine	31
6	Résultats d'analyses microbiologiques d'échantillon du yaourt	37
7	Valeur nutritionnelle des laits fermentés pour 100 g de produits	47
8	Matières premières, quantité et prix	49

Liste des Figures

Numéro	Titre de la figure	Page
1	Dessin de la plante d'avoine	4
2	Graines ou fruits d'avoine	4
3	Avoine cultivée	5
4	Structure de grain d'avoine simple	6
5	Structure générale des β -glucanes	10
6	Diagramme schématique des composants nutritionnels du grain d'avoine, des avantages potentiels pour la santé, des applications industrielles et des interactions entre les différents composants.	12
7	Étape de préparation du lait d'avoine	16
8	Étape de préparation du jus du melon	17
9	Mesure de la densité du lait	17
10	Détermination de la matière grasse	18
11	pH-mètre (marque Hanna instruments)	19
12	Détermination de degré Brix	20
13	Détermination de la conductivité électrique	20
14	Diagramme de fabrication de yaourt a base lait d'avoine additionné jus du melon	22
15	Détermination de l'acidité	23
16	Déterminations de l'extrait sec total	24
17	Mesure de la synérèse	24
18	Analyse microbiologique des échantillons du yaourt	25
19	Présentation des échantillons des laits fermentés pour la dégustation	26
20	Appareil Lactichack	27
21	Centrifugeuse de marque (Gerber instruments)	27
22	Evolution du pH (A) ; Acidité (B) et EST (C) des trois yaourts produits au cours du stockage	34
23	Synérèse dans différents laits fermentés manufacturés	35
24	Résultats d'analyses microbiologiques d'échantillon du yaourt	36
25	Attributs sensoriels des yaourts fraîchement produits	38
26	Attributs sensoriels des yaourts après 7 jours de stockage réfrigéré	39
27	Attributs sensoriels des yaourts après 14 jours de stockage réfrigéré	40
28	Attributs sensoriels des yaourts après 21 jours de stockage réfrigéré	41
29	Attributs sensoriels des yaourts après 28 jours de stockage réfrigéré	42
30	Pourcentage d'appréciation des laits fermentés durant le stockage, a) J0 ; b) J7 ; c) J14	45
31	Pourcentage d'appréciation des laits fermentés durant le stockage, a) J21 ; b) J28	47

Liste des Figures dans les annexes

Numéro	Titre de la figure	Page
1	Dénombrement des Levures et des Moisissures	59
2	Dénombrement des coliformes	60

Résumé

Le but du présent travail consiste en la mise au point d'un lait 100 % végétale à partir des flocons d'avoine et de développer un nouveau produit alimentaire, un lait fermenté (le yaourt) à partir de ce lait. Trois échantillons ont été préparés ; un yaourt nature (témoin) à base du lait de vache, un yaourt à base du lait d'avoine et un yaourt à base du mélange lait d'avoine – jus du melon. La farine d'avoine ainsi que le lait d'avoine ont été analysés pour leur propriétés techno-fonctionnelles et physicochimique, respectivement. La qualité du produit fini obtenu a été évaluée en termes de propriétés physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles, jusqu'à détérioration dans des conditions de stockage réfrigéré. La valeur nutritionnelle a également été déterminée. Les résultats ont montré que le pH et l'acidité des yaourts à base de lait d'avoine et à base du mélange lait d'avoine – jus du melon étaient inférieurs à ceux du yaourt témoin avec des valeurs respectives de 16°D et 4.33 (lait d'avoine) et 30°D et 4.20 (lait d'avoine – jus du melon) à la fin du stockage. Sur le plan microbiologique, les résultats ont montré que les échantillons à base du lait d'avoine ont été plus stable et ont présenté une durée de conservation d'une semaine de plus par rapport à celle du yaourt témoin. Quant aux propriétés organoleptiques, l'analyse des données a révélé que le yaourt à base du lait d'avoine était le plus apprécié par les panélistes vers la fin du stockage (J21 et J28) alors que le yaourt témoin était le plus apprécié jusqu'à J14. L'analyse de la valeur nutritionnelle a montré que les yaourts à base du lait d'avoine étaient moins caloriques que le yaourt témoin. En conclusion, cette étude a permis de développer un lait fermenté 100% végétal sans sucre ajouté, qui peut être considéré comme un aliment fonctionnel avec des propriétés nutritionnelles intéressantes.

Mots clés : Flocons Lait d'avoine ; d'avoine ; Yaourt ; Analyse de la qualité.

Abstract

The aim of this work is to develop 100% vegetable milk from oat flakes and to develop a new food product, fermented milk (yogurt) from this milk. Three samples were prepared; a natural yogurt (control) made from cow's milk, a yogurt made from oat milk and a yogurt made from a mixture of oat milk and melon juice. Oat flour and oat milk were analyzed for their techno-functional and physicochemical properties, respectively. The quality of the finished product obtained was evaluated in terms of physico-chemical, microbiological and sensory properties, up to deterioration under refrigerated storage conditions. The nutritional value was also determined. The results showed that the pH and acidity of yogurts based on oat milk and based on the oat milk-melon juice mixture were lower than those of the control yogurt with respective values of 16°D and 4.33 (oat milk) and 30°D and 4.20 (oat milk – melon juice) at the end of storage. From a microbiological point of view, the results showed that the oat milk samples were more stable and presented a shelf life of one week longer compared to that of the control yogurt. As for the organoleptic properties, the analysis of the data revealed that the yoghurt made from oat milk was the most appreciated by the panelists towards the end of storage (D21 and D28) while the control yoghurt was the most appreciated until at D14. The analysis of the nutritional value showed that the yoghurts made from oat milk were less caloric than the control yoghurt. In conclusion, this study made it possible to develop 100% vegetable fermented milk without added sugar, which can be considered as a functional food with interesting nutritional properties.

Keywords: Oatmeal; Oat milk; Yogurt; Quality analysis.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تطوير حليب نباتي 100٪ من رقائق الشوفان وتطوير منتج غذائي جديد ، وهو الحليب المخمر (الزبادي) من هذا الحليب. تم تحضير ثلاث عينات. ياغورت طبيعي مصنوع من حليب البقر وياغورت مصنوع من حليب الشوفان وياغورت مصنوع من خليط من حليب الشوفان وعصير البطيخ. تم تحليل فريضة الشوفان وحليب الشوفان لخصائصهما الفنية والفيزيائية على التوالي. تم تقييم جودة المنتج النهائي من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية ، حتى التدهور في ظروف التخزين المبردة. كما تم تحديد القيمة الغذائية. أظهرت النتائج أن الأس الهيدروجيني والحموضة في الياغورت المعتمد على حليب الشوفان وعلى أساس خليط حليب الشوفان وعصير البطيخ كانت أقل من تلك الخاصة بزبادي التحكم بقيم 16 درجة د و 4.33 (حليب شوفان) و 30 درجة مئوية. د و 4.20 (حليب شوفان - عصير البطيخ) في نهاية التخزين. من الناحية الميكروبيولوجية ، أظهرت النتائج أن عينات حليب الشوفان كانت أكثر ثباتاً وعرضت فترة صلاحية أطول لمدة أسبوع مقارنةً بالياغوت العادي . أما بالنسبة للخصائص الحسية ، فقد أظهر تحليل البيانات أن الزبادي المصنوع من حليب الشوفان كان الأكثر . أظهر D14) بينما كان اللبن الرائب الأكثر تقديراً حتى D28 و D21 تقديراً من قبل أعضاء اللجنة في نهاية التخزين (تحليل القيمة الغذائية أن اللبن المصنوع من حليب الشوفان كان أقل سعرات حرارية من اللبن الرائب. في الختام ، أتاحت هذه الدراسة إمكانية تطوير حليب مخمر نباتي 100٪ بدون سكر مضاف ، والذي يمكن اعتباره غذاء وظيفي بخصائص غذائية مثيرة للاهتمام

Liste des abréviations

A	Lait de vache fermenté
ABS	Absence
B	lait d'avoine fermenté
C	Lait d'avoine fermenté + jus de melon
CAE	Capacité d'absorption d'eau
Cm	Centimètre
D°	degré doronic
EST	Extrait sec total
FTAM	flore totale aérobie mésophile
g	Gramme
H	Heure
HR	rapport de Hausner
IC	Indice de compressibilité
J	Jour
JORA	Journal officiel de la réglementation algérienne
Kcal	Kilocalorie
KJ	kilojoule
L	Litre
mL	millitre
mS	Millisiemens
Mg	Milligramme
µS	Microsiemens
MG	matière grasse
min	minute
pH	Potentiel hydrogène
%	Pourcentage



Introduction

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nos jours, les préférences des consommateurs ont évolué vers des aliments sains et fonctionnels. Dans ce concept, une demande croissante est fréquemment mentionnée pour les produits non laitiers d'origine végétale (**Jeske et al., 2018**).

Au cours des dernières années, les céréales et leurs constituants ont été acceptés comme aliments fonctionnels et nutraceutiques pour fournir des fibres alimentaires, des protéines, de l'énergie, des minéraux, des antioxydants et des vitamines nécessaires à la santé humaine. De plus, les céréales peuvent être utilisées comme substances fermentescibles pour la croissance de micro-organismes probiotiques (**Charalampopoulos et al., 2002**). Parmi ces céréales, le grain d'avoine a un haut potentiel fonctionnel dû à sa composition. L'avoine est connue pour être une excellente source de fibres alimentaires, d'antioxydants et d'une fraction protéique bien équilibrée (**Londono et al., 2013 ; Staka et al., 2015 ; Shah et al., 2016**). Ils fournissent plus de protéines, fibres, calcium, fer, zinc et acides aminés essentiels que les autres céréales complètes (**Sangwan et al., 2014; Tosh and Chu 2015 ; Shah et al., 2016**).

Depuis quelques années, le lait d'origine végétale est de plus en plus populaire auprès des consommateurs. Parmi les alternatives les plus prisées, on trouve le lait d'avoine. Le lait d'avoine est un extrait hydrosoluble de flocons d'avoine, qui présente de nombreux avantages par rapport au lait animal : il est naturellement sans lactose et sans cholestérol, il contient moins de matières grasses et plus de fibres et de vitamines. De plus, le lait d'avoine est produit de manière plus durable que le lait de vache, ce qui le rend également plus attractif pour les consommateurs soucieux de l'environnement.

Cependant, bien que le lait d'avoine soit une alternative intéressante au lait de vache, il peut être difficile de trouver des produits dérivés fermentés à base de ce lait végétal. C'est pourquoi les fabricants se sont intéressés à la production des produits dérivés à base de lait d'avoine, afin d'offrir aux consommateurs une alternative végétale aux produits traditionnels à base de lait de vache.

Dans cette optique, il est intéressant d'explorer les différentes techniques de fabrication du lait d'avoine et du yaourt à base de lait d'avoine et de vache, ainsi que les propriétés nutritionnelles et organoleptiques de ces produits. C'est ce que nous allons aborder dans ce travail qui s'est fixé comme objectifs :

1. La caractérisation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de la farine d'avoine ;
2. La fabrication du lait d'origine végétale à base des flocons d'avoines ;
3. La mise au point d'un lait fermenté à base du lait d'avoine et de lait de vache ;
4. Le contrôle de la qualité physicochimique, microbiologique et organoleptique du lait fermenté produit.
5. L'évaluation de la valeur nutritionnelle des produits développés.

Le manuscrit est organisé en trois parties principales :

- ✓ La première partie est une étude bibliographique concernant le grain d'avoine en générale, ainsi que les ferments lactiques leurs caractéristiques et leurs fonctions ;
- ✓ La deuxième partie décrit le matériel végétal et les méthodes utilisés lors du travail expérimental ;
- ✓ La troisième partie rapporte l'ensemble des résultats obtenus avec et leur discussion, en commençant par propriétés physico-chimiques et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine et en terminant par la valeur nutritionnelle des laits fermenté produits en passant par l'évaluation des propriétés physicochimique, microbiologique, organoleptique au cours du stockage.

Enfin notre mémoire sera clôturé par une conclusion générale assortie de quelques perspectives.



Volet Bibliographique

Généralités sur l'avoine (*Avena sativa* L.)

1. Histoire de la plante

L'avoine cultivée ou le genre *Avena* vient du mot grec "Avea" dont la signification est "désiré" ; parfois appelée "avoine commune", "avoine byzantine" ou simplement "avoine", originaire du nord-est de l'Europe (Autriche et Russie) et des plateaux de l'Éthiopie et de la Chine.

La plus ancienne avoine cultivée a été découverte dans des grottes en Suisse et daterait de l'époque de l'âge de bronze (**Schilperoord, 2017**), et en Égypte dans les vestiges de la 12^{ème} Dynastie, autour de 2000 ans avant J.-C, et devait probablement venir de plantes sauvages, puisque l'avoine n'était pas encore cultivée à cette époque (**Wissam et Madiha, 2017**).

L'avoine a été introduite en Amérique en 1609 sur les îles Elizabeth, sur les côtes de l'État du Massachusetts et Georges Washington, premier président des États-Unis d'Amérique, en aurait semé 23471 hectares en 1786 (**Sirodot, 2016**).

Le plus ancien écrit sur l'avoine daté dans le 16^{ème} siècle par le botaniste et le médecin allemand Léonhart Fuchs, en 1542 dans son ouvrage « Commentaires sur les histoires des plantes », qui a décrit l'avoine comme suit ; « *l'avoine est un herbier identique au blé au niveau de son feuillage, de son chaume et de ses épillets. Les panicules sortent des gaines foliaires, leurs rameaux s'étalent en tous sens. Le fruit aigu est suspendu seul entre les glumes écartées comme des ailes. Chaque fruit a deux graines, directement adjacentes et légèrement coudées en direction l'une de l'autre. Le tout se présente comme une sauterelle. Les racines sont fasciculées. Lieu de culture : Cultivée partout en Allemagne, l'avoine sert davantage de fourrage aux chevaux qu'à l'alimentation humaine.* »

Les écrits du 18^{ème} siècle décrivent l'avoine comme étant principalement un aliment pour les chevaux et le bétail en Angleterre et dans d'autres régions d'Europe. Bien que l'avoine fût principalement utilisée pour l'alimentation des animaux, de 1500 à 1700, il était devenu une partie très importante du régime alimentaire humain en Écosse, au pays de Galles, en Grande-Bretagne et en Irlande. Lorsque le blé et l'orge ont fait leur apparition dans le marché du continent Européen, la Grande-Bretagne et l'Asie de l'Est, l'avoine et le seigle étaient considérés comme des mauvaises herbes. En effet, la domestication de l'avoine est survenue beaucoup plus tard que celle du blé et de l'orge (**Murphy et Hoffman, 1992**).

2. Description de la plante

L'avoine, dont le nom scientifique est *Avena sativa*, est une plante herbacée de cycle annuel, qui appartient à la famille des graminées (aussi connues comme Poacées), qui s'englobent à plus grande échelle dans le grand groupe des plantes phanérogames monocotylédones. Aussi, elle est souvent reconnue comme composant d'un des collectifs d'aliments végétaux d'importance plus élevée dans la base de la pyramide alimentaire humaine, les céréales. La plante adulte donne, relativement à l'orge et au seigle, une impression plus luxuriante, ses tiges sont robustes et ses feuilles sont larges et ont une teinte vert vif à vert bleuté. Les plantes, surtout celles des variétés locales et des anciens cultivars, peuvent atteindre une assez grande taille, 150 cm de haut et plus. Les grains d'avoine d'un épillet sont de taille différente. Le premier grain est le plus grand, les suivants (à condition qu'ils ne sont pas avortés) deviennent de plus en plus petits au fur et à mesure qu'ils sont plus éloignés du premier grain. Dans le langage courant, les « faux fruits » sont également désignés de grains ou graines (Figure 1).

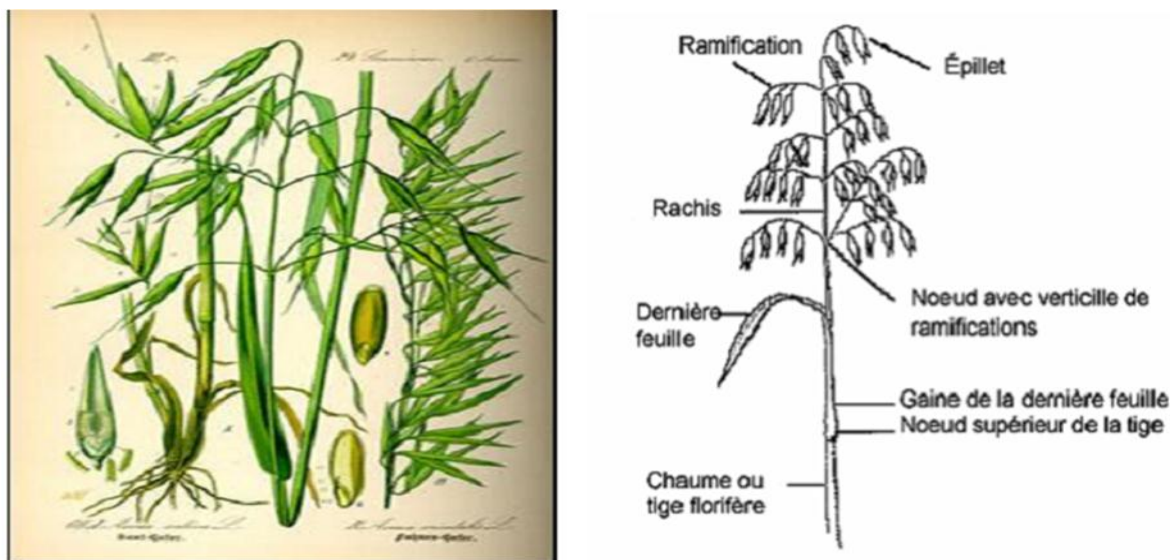


Figure 1. Dessin de la plante d'avoine (Salgado et al., 2008)
(à gauche) ; partie de la plante d'avoine (à droite)



Figure 2. Graines ou fruits d'avoine (Schilperoord, 2017).
Les grains (à gauche) sont des faux fruits (caryopses). Les fruits (à droite).

Il s'agit d'une plante à tige creuse pouvant atteindre 60 cm à 1m50 de hauteur. Ses feuilles sont semblables à des lames de rasoir. Les grains sont légèrement poilus et sont hébergés par de petits épis, les épillets, regroupés en une grappe lâche, inflorescence appelée panicule. On appelle "son" l'enveloppe de la graine.



Figure 3. Avoine cultivée (Schilperoord, 2017).

3. Classification botanique

Selon **Feillet (2000)**, l'avoine est une plante annuelle herbacée monocotylédone :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobiona

Classe : Liliopsida

Sous-classe : Commelinide

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae

Sous-famille : Pooideae

Tribu : Aveneae

Genre : Avena

Espèce : *Avena sativa*

4. Le Garin d'avoine

La structure florale de la plante d'avoine se présente sous la forme d'une panicule ouverte, avec des épillets aux extrémités des branches. Les épillets peuvent porter jusqu'à trois grains, dont le plus gros est appelé noyau péri-marial et le plus petit noyau tertiaire. Le grain d'avoine est une matrice alimentaire complexe constituée d'une enveloppe (caryopse), cette dernière étant constituée de son (tégument), de germe et d'endosperme amylacé (**Miller et Fulcher, 2011**).

Le son est la couche externe grossière riche en minéraux, vitamines et polysaccharides de la paroi cellulaire, principalement de la cellulose, de l'arabinoxylane et du β -glucane. Sous le péricarpe et le tégument du son, il y a les couches d'aleurone et de sous-aleurone jointes à l'endosperme. Les cellules des couches à aleurone et sous-aleurone sont entourées de parois cellulaires épaisses résistantes à la digestion, tandis que les cellules de l'endosperme ont des parois cellulaires plus minces, est composé principalement d'amidon, protéines, lipides (Fulcher 1986 ; White, 1995) et riches en β -glucane. La concentration de protéines et de lipides d'avoine augmente de l'intérieur vers la périphérie du gruau. L'amidon augmente de la région sous-aleurone au centre de l'endosperme (Miller et Fulcher, 2011). La structure et la composition des protéines (globulines, albumines, prolamines et gluténines) diffèrent selon la partie du grain dans laquelle elles se trouvent deux types de granules d'amidon existent dans l'endosperme : granules composés et simples (Miller et Fulcher, 2011). Les proportions d'amylose et la taille des granules varient selon les variétés d'avoine (Klose et Arendt, 2021).

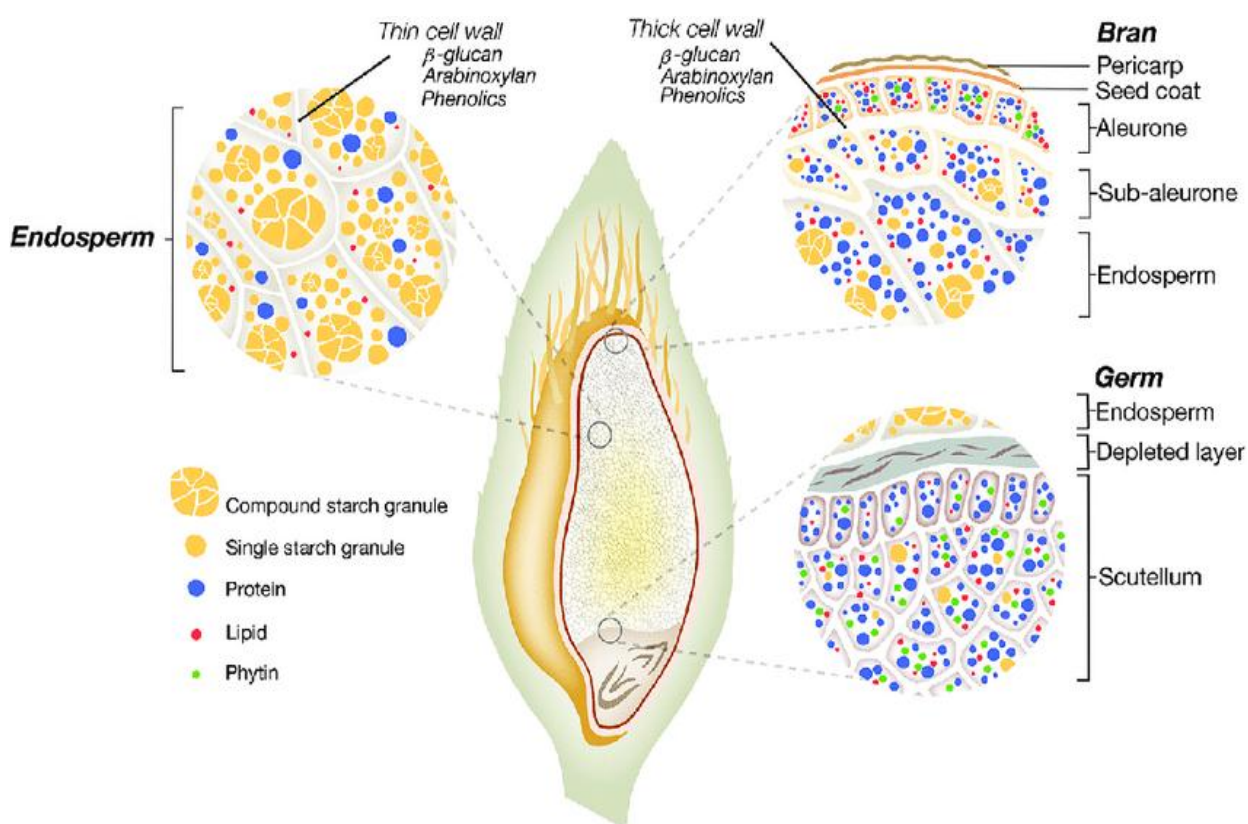


Figure 4. Structure de grain d'avoine simple (Miller et Fulcher, 2011)

Légende :

Single starch granule : granule D'Amico insole	Thin cell wall : paroi cellulaire mince	Sub-aleurone : sous –aleurone
Compound starch granule : granule d'amidon composé	β-glucan : β -glucane	Endosperm : endosperme
Protein : protéine	Arabinoxylan : arabinoxylane	Germ : germe
Lipid : lipide	Phenolics : phénoliques	Depleted layer : couche épuisée
Phytin : phytine	Bran : enveloppe (son) :	Scutellum : scutellum
	Pericarp : péricarpe	
	Seed coat : tégument	
	Aleurone : aleurone	

5. Importance de la culture en Algérie

La culture des céréales a été, et restera l'élément de base de l'agriculture algérienne. Une superficie de 2 448 200 hectares lui est consacrée. Les céréales constituent les principaux aliments occupant une place importante de choix dans l'alimentation des algériens. Les céréales représentent 50 % des dépenses des ménages. Ces céréales fournissent 60 % de l'apport calorique et 71% de l'apport protéique de la population algérienne (**Bensalem, 1998**). Actuellement l'Algérie occupe la 5^{ème} place dans la consommation des céréales (établi par le **Conseil International de Céréales (CIC)**).

En Algérie, l'avoine vient en quatrième place avec une superficie moyenne de l'ordre de 68095,5 ha après le blé dur qui occupe une superficie moyenne de 1314014 ha très importants par rapport aux autres céréales, et à la surface destinée à la céréaliculture (**Direction des Services Agricoles, 2016**). La production mondiale d'avoine est environ de 22,5 à 25 millions de tonnes lors de la campagne 2011-2012 cultivée sur 10,6 millions d'hectares, globalement, la production annuelle est très inférieure à celles de blé, de maïs, ou même d'orge (**Planetoscope, 2012**).

6. Utilisations de l'avoine**6.1 Alimentation humaine**

L'utilisation de l'avoine dans l'alimentation est surtout d'origine anglo-saxonne ou Nord européen. Elle concerne essentiellement les flocons d'avoine, farine, des biscuits, et la préparation de certaines boissons alcoolisées (bière). Les produits d'avoine plus récents sont le lait d'avoine (un lait végétal), le son d'avoine recommandé dans le cadre de certains régimes amaigrissants.

6.2 Alimentation des bétails « animaux »

L'avoine en grains était autrefois très utilisée pour l'alimentation des chevaux, à cause de son "pouvoir excitant" (dont l'origine n'est pas établie), qui était censé stimuler les animaux. Mais il est moins appétits que le blé ou de l'orge.

7. Composition biochimique et valeurs nutritionnelle de l'avoine (*Avena sativa*)

La composition nutritionnelle des grains d'avoine varie selon les variétés. En moyenne, 100 g de grains d'avoine contiennent environ 67.7 g de glucides, 10.84 g d'eau, 13.15 g de protéines, 10.1 g de fibres et 6.52 g de lipides et fournissent environ 379 kcal d'énergie. Il est à noter que la teneur et la composition des nutriments sont liées à la génétique et aux conditions de croissance. (Mao et al., 2022). La composition chimique du grain d'avoine est représentée dans le tableau 1 selon la *Table de Composition des Aliments* (Ciquel, 2020).

Tableau 1. Profil nutritionnel de 100 g de grains d'avoine cru

Constituant	Teneur moyenne
Eau (g/100 g)	8.22
Protéines, N x 6.25 (g/100 g)	18.1
Glucides (g/100 g)	55.7
Lipides (g/100 g)	6.9
Sucres (g/100 g)	1.2
Amidon (g/100 g)	52.6
Fibres alimentaires (g/100 g)	10.6
Cendres (g/100 g)	1.72
AG saturés (g/100 g)	1.22
AG monoinsaturés (g/100 g)	2.18
AG polyinsaturés (g/100 g)	2.54
AG 12:0, laurique (g/100 g)	0.024
AG 14:0, myristique (g/100 g)	0.015
AG 16:0, palmitique (g/100 g)	1.03
AG 18:0, stéarique (g/100 g)	0.065
AG 18:1 9c (n-9), oléique (g/100 g)	2.17
AG 18:2 9c,12c (n-6), linoléique (g/100 g)	1.65
AG 18:3 c9,c12,c15 (n-3), alpha-linolénique (g/100 g)	0.073
Sel chlorure de sodium (g/100 g)	0.005
Calcium (mg/100 g)	54
Chlorure (mg/100 g)	70
Cuivre (mg/100 g)	0.63
Fer (mg/100 g)	4.72
Magnésium (mg/100 g)	177
Manganèse (mg/100 g)	4.92
Phosphore (mg/100 g)	523
Potassium (mg/100 g)	429
Sélénium (µg/100 g)	9
Sodium (mg/100 g)	2
Zinc (mg/100 g)	3.97
Vitamine E (mg/100 g)	1.09
Vitamine B1 ou Thiamine (mg/100 g)	0.76
Vitamine B2 ou Riboflavine (mg/100 g)	0.14
Vitamine B3 ou PP ou Niacine (mg/100 g)	0.96
Vitamine B5 ou Acide pantothénique (mg/100 g)	1.35

Vitamine B6 (mg/100 g)	0.12
Vitamine B9 ou Folates totaux (µg/100 g)	56

Source : Table de composition des aliments, (Ciqual, 2020)

7.1 L'amidon

L'amidon est le principal composant des grains d'avoine, représentant 60 % du poids sec, et possède plusieurs caractéristiques chimiques, physiques et structurales uniques par rapport aux autres amidons de céréales (**Li et al., 2013**). Avec une teneur allant de 2% à 34% et un poids moléculaire de $1,68 \times 10^5$ Da, l'amylose est l'amidon dominant qui s'apparente à celui du maïs et du riz (**Li et al., 2018**). En revanche, les fractions d'amylopectine sont plus importantes que celles des autres céréales courantes. La variation de la proportion d'amylose et d'amylopectine ainsi que les propriétés associées à la molécule d'amylopectine peuvent grandement déterminer les caractéristiques de santé et la qualité du produit. L'avoine contient environ 7 % d'amidon à digestion rapide, 22 % d'amidon à digestion lente et 25 % d'amidon résistant et peut être consommée comme aliment à faible indice glycémique. L'amidon d'avoine pourrait être utilisé dans une gamme de produits alimentaires; cependant, il existe des limitations dues à certaines propriétés de collage et rhéologiques. De nombreux efforts ont été déployés pour surmonter ces défis, notamment l'introduction de groupes phosphate ou acétyle, l'hydrolyse et le traitement de refroidissement par autoclave (**Mao et al., 2022**).

7.2 Les protéines

Le grain d'avoine composé de quatre principales protéines qui sont l'albumine, la globuline, la prolamine, et la gluténine ; elles diffèrent de celles des autres céréales par leur pourcentage de concentration. L'albumine et la globuline sont les principales protéines de stockage de l'avoine qui présentent un très bon équilibre en terme d'acides aminés essentiels pour le corps humain, elles sont caractérisées par leur richesse en lysine, acide aminé essentiel, tandis que la prolamine est la moins concentrée (**Singh et al., 2013**). Des études récentes ont démontré que l'avoine peut être tolérée par la plupart des personnes souffrant de la maladie coeliaque (**Sánchez et al., 2020**).

7.3 Les lipides

Les lipides sont principalement concentrés dans l'endosperme et se caractérisent par la teneur élevée en acides gras insaturés (> 80%). Ces lipides ne sont pas seulement impliqués dans les propriétés de la saveur et le collage du grain d'avoine mais déterminent aussi son apport énergétique et ses qualités nutritionnelles (**Zhou et al., 1999**).

Il a été remarqué que l'avoine est particulièrement riche en acides gras insaturés, notamment les acides gras indispensables : l'acide oléique (C18 : 1) et l'acide linoléique (C18 : 2). Ces derniers comptent, respectivement, pour environ 40 et 36% du total de la matière grasse du grain d'avoine (**Halima et al., 2015**). Cette composition particulière (des niveaux élevés en acide gras insaturé et les faibles quantités de graisses saturées) peut réduire le risque cardiaque dans les maladies cardiovasculaires, la teneur élevée en huile et en fibres induit une sensation durable de satiété qui aide à perdre du poids (**Sánchez et al., 2020**)

7.4 Fibres

Le grain d'avoine renferme des polysaccharides non amylacés, parmi lesquels on en trouve un constituant propre à l'avoine qui est le β -glucane. Il s'agit de polysaccharides non amylacés¹ formés par des glucoses reliés par des liaisons β (1-3) - (1-4) (Figure 5) situé dans les parois cellulaires de l'endosperme et de l'aleurone (**Butt et al., 2008 ; Clemens et Van Klinken, 2014**)

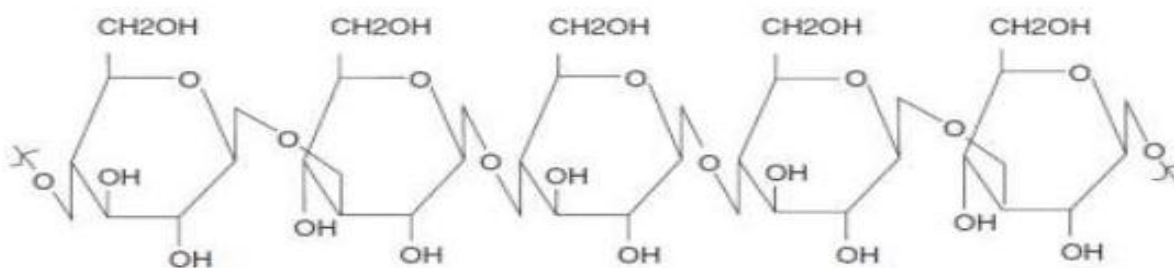


Figure 5. Structure générale des β -glucanes. (**Butt et al., 2008 ; Clemens et Van Klinken, 2014**)

8. Propriétés antioxydants

L'avoine est connue pour être un aliment sain pour le cœur en raison principalement de sa teneur élevée en bêta-glucanes. De plus, ils contiennent plus de 20 polyphénols uniques, les avenanthramides (des polyphénols présents exclusivement dans l'avoine), qui ont montré une forte activité antioxydante in vitro et in vivo (**Meydani, 2009**). L'avoine (*Avena sativa* L.) est une source considérable de nombreux composés qui présentent une activité antioxydante. La vitamine E (tocols), l'acide phytique, les composés phénoliques et les avenanthramides sont les antioxydants les plus abondants dans l'avoine, et les flavonoïdes et les stérols sont également présents. Ces antioxydants sont concentrés dans les couches externes du noyau (**Peterson, 2011**). La fraction de son contient également des polyphénols, dont les avenanthramides sont particulièrement bien connus pour leur activité antioxydante et leurs effets retardateurs sur l'artériosclérose et l'inflammation. D'autre part, les antioxydants de l'avoine peuvent également

¹ De la nature de l'amidon.

contribuer à la stabilité et au goût des produits alimentaires **(Peterson, 2001)**. En général, l'acide caféique et les avenanthramides étaient trouvés principalement dans les gruaux, alors que de nombreux autres composés phénoliques étaient présents en plus grandes concentrations dans les coques **(Emmons et Peterson, 1999)**.

Récemment, il a été démontré que les polyphénols d'avoine présentent une activité anti-inflammatoire, antiproliférative et anti-démangeaisons, ce qui peut fournir une protection supplémentaire contre les maladies coronariennes, le cancer du côlon et les irritations cutanées **(Meydani, 2009)**.

9. Intérêts nutritionnels et effets thérapeutiques

L'avoine fait partie des cultures vivrières et des céréales anciennes cultivées et consommées dans le monde. Il gagne en popularité en raison de sa composition nutritionnelle et des avantages multifonctionnels de certains composés bioactifs. La consommation d'avoine a été associée à une diminution du risque de plusieurs maladies importantes telles que le cancer, le diabète et les maladies cardiovasculaires **(Tripathi et al., 2018)**. Quelques-uns des effets thérapeutiques de la consommation de l'avoine sur la santé sont donnés dans ce qui suit :

- Le bêta-glucane est un composant important des fibres alimentaires présentes dans les grains d'avoine. C'est le principal composé actif de l'avoine avec des effets hypocholestérolémiants et antidiabétiques prouvés en réglant la sécrétion de l'insuline **(Paudel et al., 2021)** ;
- Le bêta-glucane et les avenanthramides améliorent le système immunitaire, éliminent les substances nocives du corps, réduisent le cholestérol sanguin et aident à la perte de poids alimentaire en améliorant le profil lipidique et en décomposant les graisses dans le corps **(Kim et al. 2021)** ;
- **Ryan et al. (2007)** ont rapporté une réduction significative du cholestérol total et LDL suite à la consommation d'avoine sous forme de flocons d'avoine ou de son d'avoine.
- Les avenanthramides sont des polyphénols présents exclusivement dans l'avoine. Des études ont montré leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et anti-prolifératives, faisant des avenanthramides des candidats thérapeutiques intéressants pour le traitement des maladies d'origine cardiovasculaire et dermatologique **(Karlberg, 2010)** ;
- Les avenanthramides sont également impliqués dans l'inhibition de l'initiation et du développement de l'athérosclérose. Il a été démontré que l'effet hypocholestérolémiant

de l'avoine dû à la liaison des acides biliaires implique la lignine et le bêta-glucane, de manière synergique (Stevenson et al., 2008) ;

- **Tripathi et al. (2018)** ajoutent sur les effets thérapeutiques des avenanthramides que ces derniers possèdent un éventail de bioactivités, notamment des activités anti-inflammatoires, antiprolifération, antioxydantes, antiprurigineuses et vasodilatatrices. Récemment, les avenanthramides se sont avérés biodisponibles chez l'homme et ont signalé qu'ils modulent différentes voies de signalisation associées au cancer, au diabète, à l'inflammation et aux maladies cardiovasculaires ;
- La vitamine E (tocols) contribue aux bienfaits de l'avoine pour la santé puisqu'elle agit comme antioxydant et protège ainsi les cellules humaines, l'ADN, ainsi que les protéines et les lipides des dommages oxydatifs (Alvenäs, 2017) ;
- Des études sur l'effet des boissons à l'avoine sur le corps humain montrent un effet positif sur le niveau de cholestérol total et la fraction LDL, entraînant une réduction du risque de maladie coronarienne, d'hypertension et de cancer colorectal et sont recommandées dans un régime sans gluten (Gramza-Michalowska et al., 2018).

La figure ci-dessous résume les composants à intérêt nutritionnel du grain d'avoine, les principaux effets bénéfiques potentiels pour la santé, les applications industrielles ainsi que les interactions entre les différents composants.

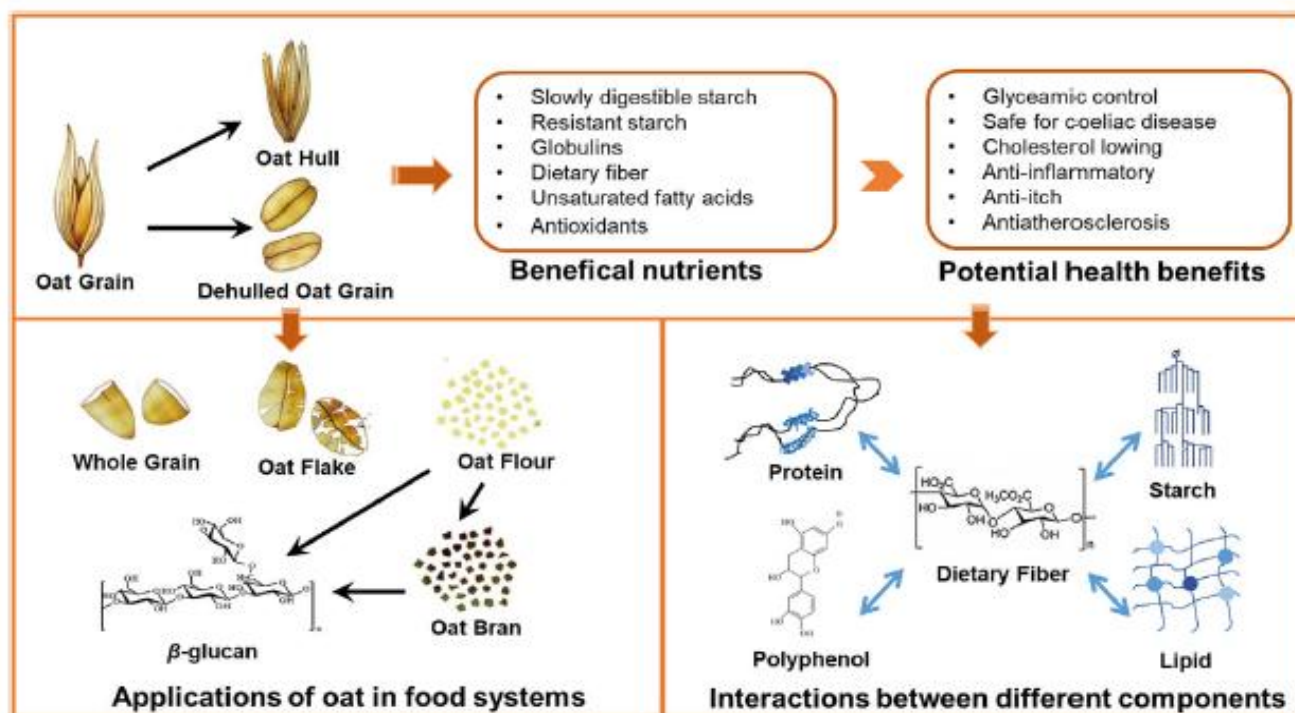


Figure 6. Diagramme schématisant les composants nutritionnels du grain d'avoine, des avantages potentiels pour la santé, des applications industrielles et des interactions entre les différents composants (Grundy et al., 2018 In Mao et al., 2022)

Légende :

Oat grain : grains d'avoine	Safe for coeliac disease : sans danger pour la maladie coeliaque
Whole grain : grains entiers	Anti-inflammatory : anti-inflammatoire
Oat hull : coque d'avoine	Anti-itch : anti-démangeaisons
Oat flake : flocon d'avoine	Antiatherosclerosis : antiathérosclérose
Dehulled oat grain : grain d'avoine décortiqué	Beneficial nutrients : nutriments bénéfiques
Oat bran : son d'avoine	Slowly digestible starch : amidon à digestion lente
Oat flour : Farine d'avoine	Resistant starch : amidon résistant
Dietary fibre : fibres alimentaires	Globulins : globulines
Starch : amidon	Dietary fibre : fibres alimentaires
Lipid : lipide	Unsaturated fatty acids : acides gras insaturés
Protein : protéines	Antioxidants : antioxydants
Polyphenol : polyphénol	Application of oat in food systems : application de l'avoine dans les systèmes alimentaires
Potential health benefits : avantages potentiels pour la santé	Interactions between different components : interactions entre les différents composants
Glycemic control : contrôle glycémique	

II. Les ferments lactiques caractéristiques du yaourt**1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt****1.1 Le ferment *Streptococcus thermophilus***

Il s'agit d'une bactérie à Gram positif présentant des formes ovoïdes, cellules apparaissant par paires ou en chaînes courtes. C'est une bactérie thermophile avec une température de croissance optimale de 42 °C et un organisme anaérobie aérotolérant. *S. thermophilus* appartient au groupe salivarius qui comprend également *S. salivarius* et *S. vestibularis* (Facklam, 2002 ; Gao et al., 2014). *S. thermophilus* est la seule espèce de *Streptococcus* utilisée dans les aliments. Parce qu'il est consommé par l'homme depuis des siècles sans donner aucune maladie, c'est aussi la seule espèce de *Streptococcus* reconnue comme une bactérie généralement sûre par la Food and Drug Administration (FDA). *S. thermophilus* est l'une des la bactérie de base du yaourt.

1.2 Le ferment *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus est constitué de micro-bactéries bénéfiques qui sont généralement présentes dans le tractus gastro-intestinal. *L. bulgaricus* (nom binomial *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) est l'une des nombreuses bactéries utilisée pour la production de yaourt. *L. bulgaricus* est Gram positif en forme de bâtonnet, tolérant aux acides (pH relativement bas 5.4 – 4.6), anaérobie facultatif, non mobile et non sporulé (Metchnikoff, 1908; Axelsson, 1998; Hammes et Vogel, 1995 ; Kandler et Weiss, 1986).

2. Relation entre *L. bulgaricus* et *S. thermophilus*

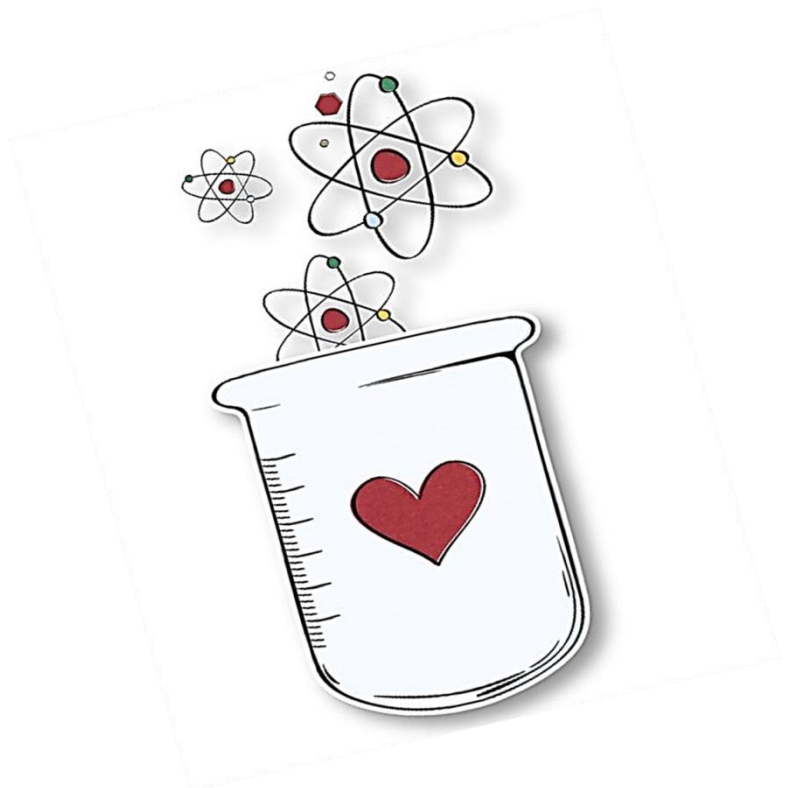
Le yaourt est un produit laitier fermenté à base de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus*. L'interactions entre les bactéries du yaourt (*S. thermophilus* et *L. Bulgaricus*) sont décrites comme des proto-coopérations **(Hols et al., 2005)**, qui est une relation symbiotique entre les deux espèces.

Durant la fabrication de yaourt, le rapport entre *S. thermophilus* et *L. bulgaricus* changeant constamment. *S. thermophilus* se développe rapidement au début. En effet, *S. thermophilus* produit du CO₂ et de l'acide formique qui stimulent la croissance de *L. bulgaricus* tandis que *L. bulgaricus* hydrolyse les protéines du lait en libérant les peptides et les acides aminés qui améliorent la croissance de *S. thermophilus* **(Siewerts et al., 2008)**. En d'autres termes, en utilisant les acides aminés essentiels produits par *L. bulgaricus*, le ferment *S. thermophilus* produit de l'acide lactique, qui abaisse le pH à un niveau plus optimal à la croissance de *L. bulgaricus*, ainsi que des quantités d'acide formique qui stimule la croissance de *L. bulgaricus*. La croissance de *S. thermophilus* ralentit alors tandis que *L. Bulgaricus* réduit encore plus le pH en produisant de l'acide lactique. Le pH du yogourt commercial habituellement se situe entre 3.7 et 4.3 **(Puhan et al., 1973)**. *S. thermophilus* produit du diacétyl, qui donne au yogourt sa saveur crémeuse ou beurrée, tandis que *L. bulgaricus* produit de l'acétaldéhyde qui aide à donner au yaourt sa saveur piquante caractéristique. Les deux organismes produisent de l'acide lactique comme principal produit de fermentation **(Puhan et al., 1973)**.



Partie II :

Volet expérimental





Chapitre I.

Matériel & Méthode



CHAPITRE I. MATERIEL & METHODES

Notre expérimentation a été réalisée au niveau du :

- Laboratoire de chimie, de biochimie et photochimie de l'université Chadli Bendjedid pour la détermination des quelques propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine ;
- Laboratoire de Physicochimie et de Microbiologie de la laiterie Nationale "Edough", Wilaya d'Annaba pour les analyses des laits et la préparation des laits fermentés ;
- Laboratoire privé de contrôle de qualité Wilaya d'Annaba commune El-Bouni pour la mesure de la conductivité électrique et du degré Brix des laits ainsi que pour la détermination de la valeur nutritionnelle des produits développés.

Le but de notre étude expérimentale était initialement de tester l'aptitude du lait d'avoine à être transformé en un produit fermenté de type "yaourt".

1. Démarche expérimentale

Pour atteindre notre objectif, nous avons adopté la démarche expérimentale suivante :

- ✓ La préparation du lait d'avoine à partir des grains d'avoine ;
- ✓ La préparation du jus du melon à partir du melon ;
- ✓ Les analyses physicochimiques des matières premières (lait de vache, lait d'avoine, mélange de lait d'avoine et jus du melon)
- ✓ La mise en point d'un yaourt industrielle à base du lait d'origine animal (lait de vache) et du lait d'origine végétale (lait d'avoine additionné ou non du jus du melon) ;
- ✓ La détermination des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des produits finis ;
- ✓ L'estimation de l'appréciation des échantillons préparés à travers une analyse sensorielle.
- ✓ La détermination de la valeur nutritionnelle des produits développés.

2. Matériel végétal

Les marnières premières végétales utilisées dans ce travail sont les grains d'avoine pour la préparation du lait d'avoine et le melon pour aromatiser le lait fermenté produit.

2.1 Détermination des quelques propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine

Plusieurs propriétés techno-fonctionnelles de la farine d'avoine (farine préparée après broyage des flocons d'avoine dans un broyeur domestique) ont été déterminées, à savoir : les capacités d'absorption d'eau, huile, en lait, les propriétés moussantes et émulsifiantes, les capacités de gonflement et de gélification, la concentration minimale de gélification, les paramètres de fluidité, solubilité, dispersibilité et la densité apparente. En outre, quelques paramètres physicochimiques ont également été déterminés à savoir l'humidité, la teneur en cendres, matière organique, matière sèche, pH et acidité

2.2 Lait d'avoine fait maison

Les flocons d'avoine ont été achetés auprès d'un herboriste dans la commune d'El-Tarf, Wilaya d'El –Tarf. Selon le vendeur, la source des graines d'avoine est locale. Le lait d'avoine a été préparé en suivant ces étapes :

- Placer les flocons d'avoine dans un mixeur de marque *John Lewis* ;
- Ajouter de l'eau minérale ;
- Mixer longuement sur la puissance maximale jusqu'à ce que le mélange soit homogène;
- Filtrer le mélange ;



Figure 7. Étape de préparation du lait d'avoine (Belleili, 2022)

2.3 Jus du melon

Quant au jus du melon, celui-ci a été préparé à partir du melon jaune canari cultivé dans la commune d'Echeffia, Wilaya d'El-Tarf. Le jus a été préparé en suivant ces étapes :

- Couper le melon en deux ;
- Enlever les écorces du melon et les grains ;
- Mettre la chaire dans un mixeur et mixer longuement sur la puissance maximale jusqu'à ce que le fruit soit réduit en un jus ;
- Filtrer à l'aide d'une passoire.



Figure 8. Étape de préparation du jus du melon (Belleili, 2022)

3. Préparation du yaourt

3.1 Analyse physicochimie des matières premières

Les différentes analyses des laits préparés à savoir, lait de vache, lait d'avoine, mélange du lait d'avoine avec du jus du melon, ont été réalisées selon les protocoles appliqués au niveau de la laiterie "Edough" – Annaba où le travail a été réalisé.

3.1.1 Détermination de la densité

La densité d'un liquide est le rapport entre la masse volumique de ce liquide et celle d'un même volume d'eau à 15°C. A l'aide d'un thermo-lacto-densimètre que l'on plonge dans éprouvette contenant le lait, la densité du lait est déterminée par la formule suivante (valable que pour une mesure faite entre 10 et 20°C) :

$$D' = D'' + 0.2(T - 15^\circ\text{C})$$

Où : D' : densité corrigée ;

D'' : densité brute ;

T : température du lait ;

0.2 : coefficients de correction de température



Figure 9. Mesure de la densité du lait (Belleili, 2023)

3.1.2 Détermination de la matière grasse (méthode acido –butyrométrique de GERBER)

Le principe de la méthode de GERBER est basé sur la séparation de la matière grasse du lait par centrifugation dans un butyromètre après attaque acide des éléments du lait, excepté la matière grasse. La séparation de cette dernière en une couche claire et transparente est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool amylique.

→ *Mode opératoire*

On introduit 10 mL d'acide sulfurique dans un butyromètre tout en évitant de mouiller le col. Ensuite, on ajoute 11 mL de lait et 1 mL d'alcool iso-amylique. Après bouchage du butyromètre, on procède à l'agitation jusqu'à dissolution complète de la caséine qui se coagule au contact de l'acide ; sans laisser refroidir le butyromètre, on centrifuge durant 5 min à une vitesse de rotation de 1200 tours par minutes. A la sortie de la centrifugeuse, on obtient dans la partie graduée du butyromètre une colonne claire et transparente de matière grasse dont on lit la hauteur, la teneur en matière grasse du lait exprimée en gramme par litre, est égale à :

$$MG (g/l) = (n-n').10$$

Où : **n** : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse ;

n' : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne.



Figure 10. Détermination de la matière grasse (Belleili, 2023)

3.1.3 Mesure de pH

Le principe est basé sur la mesure directe du pH à l'aide d'un pH-mètre (de marque *Hanna*). Après réglage de la température affichée sur le pH-mètre, on fait introduire l'électrode de mesure dans un bécher contenant une prise d'essai de quelques millilitres pour qu'enfin, le pH soit directement lu sur le cadran de l'appareil.



Figure 11. pH-mètre (marque Hanna instruments) (Belleili, 2023)

3.1.4 Détermination de l'extrait sec total (EST)

L'EST est représenté par la matière sèche du lait obtenue par évaporation et dessiccation d'un certain volume de lait dans des conditions définies, avec pesée du résidu. Dans la capsule séchée et tarée à 0.1 mg près, on introduit, avec une pipette 10 mL de lait. La capsule découverte est placée à l'intérieur de l'étuve à 103 °C pendant 5 heures. Au terme de cette incubation, la capsule est ressortie et laissée refroidir dans un dessiccateur ; après quoi, la capsule est pesée à 0.1 mg près et la matière sèche est exprimée en gramme par litre de lait a été déterminée comme suit :

$$\text{EST} = (\text{M}-\text{M}'). 1000 / \text{V}$$

Où : EST : Extrait Sec Total

M : Masse en gramme de capsule vide ;

M' : Masse en gramme de capsule contenant le résidu (après dessiccation) ;

V : Volume en millilitre de la prise d'essai.

3.1.5 Détermination de l'acidité

L'acidité du lait a été déterminée par titration à l'aide de la soude (9N) en présence de la phénolphthaléine comme indicateur coloré.

→ Mode opératoire

Dans un bécher et avec une pipette, on introduit 10 mL de l'échantillon à analyser, on ajoute 2 à 3 gouttes de la solution de phénolphthaléine puis on titre avec la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au début de virage rose facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait. L'acidité est exprimée en degré doronic (D°) c'est-à-dire en décigramme d'acide lactique par litre par la formule suivante :

$$\text{A (°D)} = \text{V} .10$$

Où : A (°D) : Acidité titrable en degré Dornic (°D).

V : volume en ml de la solution sodique utilisée pour le titrage.

3.1.6 Degré Brix

Le degré Brix pour déterminer la teneur en sucre (%) a été mesuré à l'aide d'un réfractomètre de marque **HANNA HI 96811**. Après un étalonnage avec de l'eau distillée, deux gouttes de lait sont ajoutées à la cellule de mesure en acier inoxydable et accompagnée d'un prisme en verre de silex. Les résultats sont lus directement sur l'écran.



Figure 12. Détermination de degré Brix (Belleili, 2023)

3.1.7 Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique entre deux électrodes. La conductivité a été mesurée par immersion de l'électrode d'un conductimètre multi-paramètre de marque **HQ40d (HACH)** dans le lait, le résultat est lu directement sur l'écran du conductimètre et exprimé mS et en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 13. Détermination de la conductivité électrique (Belleili, 2023)

3.2 Préparation proprement dite du yaourt

Toutes les étapes de fabrication du yaourt ont été effectuées au niveau de laboratoire de physicochimie et microbiologie de l'entreprise laitière "Edough" – Annaba. Toutes les matières premières nous ont été fournies par la même entreprise, excepté le lait d'avoine et le jus du melon. Les matières premières mises en œuvre sont :

- ✓ Lait de vache 15 % (de l'entreprise) ;
- ✓ Poudre du lait 0 % matière grasse ;
- ✓ Lait d'avoine ;

- ✓ Jus de melon ;
- ✓ Ferments lactiques de marque Hansen (X 16) sous forme de poudre lyophilisée de couleur beige clair et blanc constitués de :
 - *Lactobacillus bulgaricus* ; et
 - *Streptococcus thermophilus*.

3.2.1 Étapes de fabrication

La préparation des yaourts est réalisée à l'échelle de laboratoire de physicochimie et microbiologie de la laiterie Edough – Annaba (Algérie) selon le diagramme de fabrication d'un yaourt standard suivi au sein de la même entreprise.

a) Préparation du yaourt nature à base du lait de vache

Le yaourt au lait de vache a été préparé selon les étapes suivantes :

- ✓ Préchauffer 2 L de lait à 40 – 45 °C au bain-marie dans une marmite ;
- ✓ Ajouter 76 g de la poudre du lait à 0 % de MG (38g de la poudre pour 1 L du lait) ;
- ✓ Après dissolution de la poudre, le mélange subi une pasteurisation à 80 °C pendant 3 min dans un bain marie ;
- ✓ Au terme de ce traitement, le mélange a été refroidi à 40 – 45 °C ;
- ✓ Juste après, 0.15 g des ferments lactiques ont été additionnés ;
- ✓ Le mélange a été versé dans pots de 140 g de capacité, chaque pot contient 60 g du yaourt ;
- ✓ L'ensemble des pots a été incubés à 44 °C pendant 3h.

b) Préparation du yaourt à base lait d'avoine et lait d'avoine additionné jus du melon

Les deux autres échantillons du lait fermenté (lait d'avoine et lait d'avoine au jus du melon) ont été préparés selon les étapes suivantes :

- ✓ Dans une marmite, 3 L ou 2 L (selon l'échantillon à préparer) du lait d'avoine ont été pasteurisés à 80°C pendant 3 min dans un bain marie ;
- ✓ Le lait a été refroidi à 40 – 45 °C ;
- ✓ Juste après, 0.22 g / 0.15 g des ferments lactiques ont été ajoutés au lait avec ou sans jus de melon, respectivement ;
- ✓ Le mélange a été versé dans pots de 140 g de capacité ;
- ✓ Chaque pot contient 60 g du yaourt ;
- ✓ L'ensemble des pots a été incubé à 44 °C jusqu'à fermentation.

Tableau 2. Recette du yaourt a base lait animal (lait de vache) et lait végétale (lait d'avoine)
(Belleili,2023)

Recette	Lait de vache	Lait d'avoine	Poudre du lait	Jus melon	Ferment lactiques	Quantité des pots
Y.N	2 litres	/	76 g	/	0.15 g	55
Y.A	/	3 litres	/	/	0.22 g	77
Y.M	/	2 litres	/	800 mL	0.15g	77

Y.N : yaourt nature ; Y.A : "yaourt" d'avoine ; Y.M : "yaourt" d'avoine au melon.

Lait d'avoine +jus du melon



Lait d'avoine



Pasteurisation à 80 °C pendant 3 min



Refroidissement jusqu'à 45°C



Ensemencement des ferments lactiques spécifiques et bien mélangé 5 min



Conditionnement et étuvage à 44°C pendant 4 h



Refroidissement rapide et stockage réfrigéré 4°C

Figure 14. Diagramme de fabrication de yaourt a base lait d'avoine additionné jus du melon
(Belleili, 2023)

4. Détermination des paramètres de qualité du produit fini

Les yaourts produits ont subi alors une batterie d'analyses physicochimique, microbiologique et sensorielle.

4.1 Détermination du pH

Le pH a été déterminé directement sur le yaourt en utilisant un pH-mètre de paillasse de marque *Hanna instruments*. Le résultat est directement lu sur l'appareil.

4.2 Détermination de l'acidité titrable

Dans un erlenmeyer, une certaine quantité du yaourt a été introduite avec 2 à 3 gouttes de la solution de la phénophtaléine. Le mélange a été titré avec la solution d'hydroxyde de sodium (9/N) jusqu'au début de virage rose facilement perceptible par comparaison avec un témoin constitué du même lait. L'acidité est exprimée en degré dornic (D°) par la formule :

$$A (^{\circ}D) = V.10$$

Où : **A (°D)** : Acidité titrable en degré Dornic (°D).

V : volume en ml de la solution sodique utilisée pour le titrage.



Figure 15. Détermination de l'acidité (Belleili, 2023)

4.3 Déterminations de l'extrait sec total (EST)

Dans une nacelle séchée, une quantité du yaourt a été introduite et le tout a été séché à l'étuve (103 ± 2 °C) pendant environ 3 h, jusqu'à poids constant. L'échantillon a été récupéré de l'étuve et introduit dans un dessiccateur jusqu'à refroidissement puis une deuxième prise de pesée a été effectuée. La teneur en humidité a été déterminée selon la formule suivante :

$$EST = (n' - n).10$$

Où : **EST** : Extrait Sec Total

n : Masse en gramme de capsule vide ;

n' : Masse en gramme de capsule contenant le résidu (après dessiccation) ;

V : Volume en millilitre de la prise d'essai.



Figure 16. Déterminations de l'extrait sec total (EST) (Belleili, 2023)

Remarque : il est à noter que la qualité des échantillons préparés a été suivie durant toute la durée de stockage du produit avec un pas de 7 jours.

4.5 Mesure de la synérèse

La synérèse a été mesurée en introduisant une certaine quantité de chaque échantillon dans des tubes placés dans une centrifugeuse de marque (*Gerber centrifuge*) et centrifugés à 1200 rpm pendant 20 min. Le volume de sérum séparé à la surface du yaourt a été déterminé. La mesure a été effectuée après 14, 20, 28 et 35 jours de stockage.



Figure 17. Mesure de la synérèse (Belleili, 2023).

5. Qualité microbiologique

L'analyse microbiologique a pour but de vérifier la qualité sanitaire et hygiénique du yaourt préparé. Les analyses microbiologiques sont effectuées au niveau du laboratoire de microbiologie de l'entreprise "Edough" – Annaba. Les analyses effectuées dans cette étude ont porté sur : la flore totale aérobie mésophile (FTAM), les coliformes totaux et fécaux, les levures et moisissures, le staphylocoque et les salmonelles.

Tableau 3. Représentation simplifiée des germes recherchés (Bellili, 2023)

Germes recherchés	Milieux utilisés	T°C d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes Totaux	Gélose désoxycholate	37°C	24 heures
Coliformes Fécaux	Gélose désoxycholate	44 °C	48 heures
Staphylococcus aureus	Chapman	37°C	20-24 heures
FTAM	PCA	30°C	48 heures
Salmonella	Bouillon de sélénites de sodium de cystine	37°C	24 heures
Levure et moisissures	Gélose pomme de terre	20 à 25°C	Pendant 5 jours

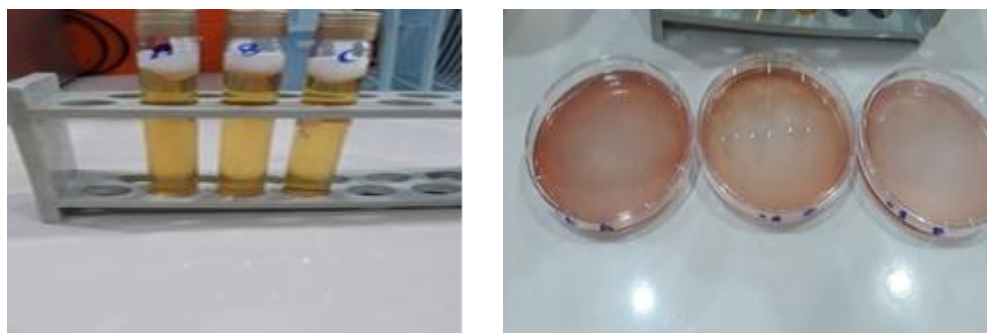


Figure 18. Analyse microbiologique des échantillons du yaourt (Belleili, 2023)

6. Analyse sensorielle

6.1 Règles générales de la conduite de la dégustation

- ✓ Le nombre de dégustateur est de 10 ;
- ✓ Chaque étape de dégustation prend une minute ;
- ✓ L'analyse s'effectue à une température ambiante ;

6.2 Séance de travail

Les paramètres d'analyse sensorielle du yaourt (odeur, couleur, texture, goût, viscosité) ont été effectués par 10 dégustateurs (membres du Laboratoire Physicochimique et Microbiologique et de Production de la Laiterie "Edough" de Annaba). Le panel est constitué de 5 hommes et de 5 femmes, âgés de 23 à 53 ans, recrutés en fonction de leur motivation et de leur disponibilité à participer à l'étude. L'analyse a été effectuée à température ambiante, les échantillons de yaourt (pots de 60 g) ont été présentés en ayant des codés avec des lettres (A, B et C) pour l'anonymat. Les dégustateurs ont été invités à noter leur préférence pour l'acceptabilité en utilisant des fiches de dégustation. L'acceptation du consommateur a été déterminée à l'aide d'une échelle hédonique de 5 points :

- **1 point** : N'aime pas du tout ;
- **2 point** : N'aime pas beaucoup ;
- **3 point** : Indifférent ;
- **4 point** : Aime un peu ;
- **5point** : Aime beaucoup.



Figure 19. Présentation des échantillons des laits fermentés pour la dégustation (Belleili, 2023).

7. Valeurs nutritionnelles

Les constituants principaux des aliments (protéine, graisses et glucides) peuvent généralement se substituer les uns aux autres. Il s'ensuit que le nombre total de calories d'une denrée s'obtient directement par addition des valeurs caloriques des différents nutriments. Le pouvoir calorifique des différents nutriments a été mesuré expérimentalement dans les meilleures conditions. A partir de ces valeurs expérimentales, des valeurs moyennes ont été fixées pour chaque nutriment.

→ **Apport caloriques des différents nutriments énergétiques (pour un gramme):**

- Protéines : 4 kcal /g (17kJ)
- Lipides : 9 kcal /g (38kJ)
- Glucides : 4 kcal /g (17 kJ)

Pour calculer la valeur calorique, on doit déterminer les teneurs en :

- Protéines
- Matière grasse totale (lipides)
- Glucides

Remarque : La teneur en eau a été également déterminée qui est nécessaire pour le calcul de la teneur en glucides.

7.1 Teneur en protéine

La teneur en protéines a été mesurée à l'aide d'un appareil de marque **Lacti-check**. Dans un gobelet, on mit une quantité de 20 mL de l'échantillon (lait fermenté), ensuite, celui-ci a été placé sur le porte-gobelet de manière à ce que l'aspirateur soit émergé dans l'échantillon. Il faut s'assurer qu'il n'y pas d'aspiration d'air avec l'échantillon. Après calibrage de l'appareil, on choisit la méthode parmi les méthodes disponibles, on confirme le choix, on attend environ 40 secondes, les résultats sont alors affichés sur l'écran.



Figure 20. Appareil Lacti-check (Belleili, 2023)

7.2 Teneur en lipide

La teneur en lipides a été déterminée par centrifugation après désagrégation à chaud au moyen d'acide sulfurique (65% (méthode acido-butyrométrique de GERBER). Après dégradation des protéines, l'alcool iso amylique a été ajouté pour une meilleure séparation des couches et le tout a été centrifugé. Le volume de graisse est mesuré dans un butyromètre gradué.



Figure 21. Centrifugeuse de marque (Gerber instruments) (Belleili, 2023)

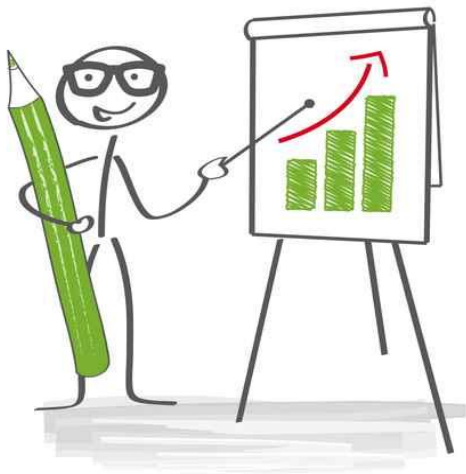
7.3 Teneur en glucide

La mesure de la quantité totale de glucides est généralement faite par calcul (différence avec les autres nutriments sauf les vitamines dont la teneur totale est généralement négligeable)

$$\text{Glucides} = 100 - (\text{eau} + \text{lipides} + \text{protéines} + \text{sels} + \text{éventuellement les fibres alimentaires})$$

Chapitre II.

Résultat & Discussion



Chapitre II. Résultats & Discussion

Dans ce travail, la qualité physico-chimique des laits de vache et d'avoine a été comparée. Ces deux laits ont été utilisés pour la mise au point d'un lait fermenté, type « yaourt ». Les qualités physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques du yaourt à base du lait de vache et du lait d'avoine ont été évaluées.

1. Propriétés physicochimique et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine&

Les résultats des propriétés techno-fonctionnelles et physicochimiques sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 4. Caractéristiques physicochimiques et techno-fonctionnelles de la farine d'avoine

Paramètre	Résultat
Humidité (%)	10.88±1.1
Matière sèche (%)	89.79±1.1
Cendres (%)	4.13±3.03
Matière organique	95.87±3.03
pH	6.74±0.18
Acidité (%)	5.3 ±0.58
Densité apparente	0.29±0.01
Dispersibilité (%)	4.07±0.12
Capacité d'absorption en eau (%)	101.84±1.3
Capacité d'absorption en huile (%)	97.43±8.42
Capacité d'absorption en lait entier (%)	101.33±10.92
Capacité d'absorption en lait écrémé (%)	119.45±8.19
Stabilité des émulsions (%)	66.16±15.92
Activité émulsifiante (%)	29.22±5.07
Stabilité de la mousse (%)	99.9±0
Capacité de gonflement (mL/g)	2.33±0.33
Concentration minimale de gélification (%)	2
Rapport de Hausner	2.07±0.12
Activité moussante (%)	5±3
Solubilité (%)	99.9±1.93
Indice de compressibilité (%)	31.37±2.77
Hygroscopicité (%)	4.91±0.37
Rapport hydrophile-lipophile (%)	1.02±0.066

Les résultats sont présentés sous forme d'une moyenne de trois essais ± écart type.

L'un des paramètres de base qui atteste de la qualité d'une farine est son humidité, qui selon les méthodes standard AOAC (AOAC, 2006) d'analyse, ne doit pas dépasser 15%. La farine d'avoine avait une humidité plus faible s'élevant à 10.88 %. Ce taux d'humidité a été accompagné par un taux de matière sèche de 89.79%. Le taux de cendre rapporté dans la présente étude était de 4.13 %. Ce résultat est supérieur au résultat noté par **Sandhu et al. (2017)** qui ont trouvé une valeur variant entre 2.6 à 3.9 % sur cinq variétés d'avoine décortiquée originaire de l'Inde. Un taux de cendre élevé est témoin d'une teneur en minéraux très importante ce qui est à l'origine d'une valeur nutritionnelle importante des produits à base d'avoine ou incorporés d'avoine. Ce taux de cendres a été accompagné d'un taux de matière organique de 95.87 %.

Le pH est un paramètre déterminant l'aptitude des aliments à être conservés. Il constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération. Ainsi, un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures. Le pH de 6.74 obtenu sur la farine d'avoine indique que le produit est légèrement acide, mais se situe à la limite entre la plage de pH acide et la plage de pH neutre. En revanche, une tendance inverse a été notée pour l'acidité qui était de 5.3. Cette valeur était proche à celle rapportée par **Benmeziane-Derradji et al. (2022)** qui ont trouvé une acidité de 5.76 de la farine de gingembre.

La capacité d'absorption d'eau (CAE) et la capacité de gonflement de la farine d'avoine enregistrée dans la présente étude étaient de 101.84 % et de 2.33 mL/g, respectivement. Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par **Ratnesh et al. (2021)** qui ont trouvé des valeurs respectives de 121 % et de 2 mL/g pour la CAE et la capacité de gonflement. Selon les mêmes auteurs, la texture et la structure de la farine d'avoine affecte significativement sa capacité de gonflement. Quant à la capacité d'absorption en huile (CAH) de la farine d'avoine, celle-ci a été de 97.43%, assez proche de celle enregistrée par **Ratnesh et al. (2021)** qui ont trouvé une valeur de 102%.

Le rapport hydrophile-lipophile a été déterminé pour la première fois dans cette farine, afin d'évaluer leur affinité pour l'eau/huile. Le rapport hydrophile-lipophile été de 1.02 inférieur à 1.5 est un signe d'une plus grande affinité pour l'huile que pour l'eau.

La farine d'avoine a présenté une activité émulsifiante de 29.22%, ce résultat est proche de celui obtenu par **Ratnesh et al. (2021)** puisqu'ils ont enregistré une valeur de 21.88%. Selon la même analyse, les auteurs ont noté un pourcentage de 15.63% de la stabilité des émulsions de la farine d'avoine considéré comme, de loin, inférieur à la stabilité de l'émulsion enregistré dans la présente étude qui était de 66.16%. La densité apparente de la farine d'avoine était de

0.29, très faible par rapport au résultat de **Ratnesh et al. (2021)** qui ont trouvé une valeur de 0.602.

La farine d'avoine a présenté une solubilité de 18.09 %, celle-ci est supérieure par rapport à la valeur trouvée par **Shah et al. (2016)** qui ont noté une solubilité variant entre 0.08 et 0.12 % sur trois variétés d'avoine originaire de l'Inde. Selon la même étude, la solubilité est liée à la présence de molécules solubles pouvant inclure des sucres solubles, de l'amylose, des acides aminés... etc. dans la farine.

L'activité moussante de la farine d'avoine n'a été que de 5%. Ce résultat est dans la fourchette des résultats rapportés par **Shah et al. (2016)**, puisque ceux-ci ont noté dans leur travail une activité moussante variant entre 2 et 22%. Quant à la stabilité de la mousse qui s'est formée, celle-ci était de 99.9% indiquant une très grande stabilité de la mousse bien qu'il a été noté qu'uniquement une très légère mousse qui s'est formée.

L'hygroscopicité de 4.91 % obtenue sur la farine d'avoine signifie que cette dernière a la capacité d'absorber l'humidité de l'air. Plus précisément, cela indique que pour 100 g de farine d'avoine, environ 4.91 g d'eau peuvent être absorbés par la farine à partir de l'air ambiant à une température et une humidité relatives données. L'hygroscopicité est une propriété importante des aliments et des ingrédients alimentaires car elle peut affecter leur texture, leur stabilité et leur durée de conservation. Une forte hygroscopicité peut conduire à une absorption accrue d'eau, ce qui peut rendre les produits alimentaires mous, collants et plus susceptibles à la détérioration. Cependant, une faible hygroscopicité peut rendre les produits secs et friables.

La dispersibilité est liée à la taille des particules fines, plus le pourcentage de dispersibilité est élevé, plus la capacité de la poudre à se reconstituer dans l'eau pour produire une pâte fine et visqueuse est grande. D'après les résultats obtenus (Tableau 4), la farine d'avoine a présenté une valeur de dispersibilité de 4.07 %. Ce résultat est de loin inférieur à celui noté dans l'étude de **Ghasemzadeh et Ghavidel (2011)** sur un mélange des farines de lentille et de blé qui ont enregistré une valeur de 72.00 % et une dispersibilité de 78% dans la farine de lentille et de riz.

L'Indice de compressibilité et le rapport de Hausner de la farine d'avoine étaient de 31.37 et 2.07, respectivement. La farine d'avoine est considérée comme ayant une faible à très faible coulabilité ($26 < IC < 31$ %) et une faible cohésion ($HR < 1.2$) selon la classification donnée par le **Caliskan et Diri** en 2016.

La capacité de gélification est une propriété fonctionnelle très importante dans les formulations alimentaires telles que les sauces qui nécessitent un épaississement et une gélification **Benmeziiane–Derradji et al. (2020)**. Les résultats obtenus, montre que la farine

d'avoine forme une capacité de gélification dans les suspensions de 4, 8, 12, 14, 16, 18 et 20%, avec une faible Concentration minimale de gélification de 2%. Cela est due à la présence de l'amidon qui est le principal composant des grains d'avoine, représentant 60 % du poids sec (**Li et al., 2013**).

Les capacités d'absorption en lait entier et écrémé de la farine d'avoine ont été respectivement de 101.33 % et 119.45 %. Aucune étude sur l'absorption du lait ne se trouve dans la littérature sur la farine d'avoine pour comparaison, seules des données sur l'absorption d'eau et huile sont disponibles. Cependant, ces valeurs étaient supérieures à celles enregistrées par **Benmeziane–Derradji et al. (2022)** sur la poudre du gingembre. Ces propriétés sont d'une grande importance lors de la conception de produits de petit-déjeuner comme les céréales ou les aliments instantanés pour bébés et les produits laitiers (yaourts, fromages, crèmes, desserts lactés).

2. Caractérisation physicochimique des laits de vache et d'avoine

La détermination des propriétés physicochimiques des deux laits de vache et d'avoine a donné les résultats mentionnés dans le tableau suivant.

Tableau 5. Caractéristiques physicochimiques des laits de vache et d'avoine

Paramètre	Lait de vache	Lait d'avoine	Lait d'avoine + Jus
Extrait sec total (EST %)	105.07±4.29 ^a	75.18 ± 0.59 ^c	90.15 ± 0.07 ^b
Extrait sec dégraissé (ESD %)	90.067 ± 4.29 ^a	75.18 ± 0.59 ^b	90.15 ± 0.07 ^a
Acidité (°D)	17.67 ± 0.58 ^a	2.00 ± 0.00 ^c	4.00 ± 0.00 ^b
pH	6.66 ± 0.03 ^a	6.39 ± 0.02 ^b	6.62 ± 0.02 ^a
Matière grasse MG (g)	15.00 ± 0.00	Traces	Traces
Densité	1029.67 ± 1.53 ^b	1028 ± 0.40 ^b	1033 ± 0.58 ^a
Conductivité (µS/cm)	4461.33 ± 2.31 ^a	1304.33 ± 4.16 ^c	1519 ± 66.19 ^b
Le degré Brix (°Brix)	9.2 ± 0.00 ^a	0.2 ± 0.00 ^c	2.8 ± 0.00 ^b

Des lettres différentes sur la même ligne indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) ; Les résultats sont classés par ordre décroissant : a>b>c.

D'après les résultats du Tableau 5, il est remarqué que la qualité physicochimique du lait de vache est conforme à ce qui est dicté dans la norme du journal officiel de la réglementation algérienne (**JORA, 1998**). Le lait de vache s'est distingué, significativement ($p < 0.05$) des deux autres laits d'origine végétale par une teneur en EST élevée (105.07 %), une acidité, une conductivité et un degré Brix élevés de 17.67 °D, 4461.33 µS/cm et 9.2 %,

respectivement. Cela peut s'expliquer par le fait que le lait de vache a été reconstitué, donc le taux d'EST est maîtrisé. L'acidité élevée est le résultat de la présence de l'acide lactique provenant du lactose, le solide le plus important du lait de vache, qui est pratiquement absent dans les laits d'origine végétale. Cela se traduit par un pH significativement ($p < 0.05$) élevé de 6.66 dans le lait de vache par rapport au pH du lait d'avoine (6.39). Mais qui ne diffère pas significativement ($p > 0.05$) de celui du lait d'avoine additionné jus du melon (6.62) qui est dû à la présence des acides organiques apportés par le jus de melon. Cependant, des valeurs inférieures de 0.45°D et de pH 5.92 ont été notées par **Syed et al. (2020)** sur le lait d'avoine après trempage de l'avoine pendant 8 heures. De même pour le $^{\circ}\text{Brix}$ et la conductivité témoignant de la richesse du lait de vache par des sucres, notamment le lactose, et en sels minéraux par rapport au lait d'avoine. En revanche, le lait d'avoine additionné du jus du melon s'est distingué des deux autres échantillons par une densité significativement ($p < 0.05$) élevée de 1033. Les lipides ont été détectés à l'état de traces dans les deux échantillons du lait d'avoine, alors dans le lait de vache les lipides étaient présents à hauteur de 15 %.

3. Produits finis (Yaourts)

Les yaourts produits ont subi une série d'analyses physicochimique, microbiologique et sensorielle. Les résultats obtenus sont discutés dans ce qui suit.

3.1 Qualité physicochimique

3.1.1 pH

Les changements de pH sont caractérisés par la production d'acide lactique qui est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière. Cet acide organique concentre et préserve la matière sèche du lait et agit comme coagulant et antimicrobien. Il a été remarqué une diminution de 60 % du pH du yaourt nature à partir de J14 jusqu'à J35, par contre, une légère augmentation de 3 % et 2 % pour respectivement, le yaourt à l'avoine et le yaourt à l'avoine + jus de melon a été noté. Selon **Hande Demir et al. (2020)**, qui ont observé une légère augmentation du pH du yaourt au lait d'avoine dans leur étude, l'augmentation ou la stabilisation des valeurs de pH et d'acidité pendant le stockage peut être attribuée à l'absence de post-acidification en plus du bon pouvoir tampon des protéines d'avoine.

3.1.2 Acidité

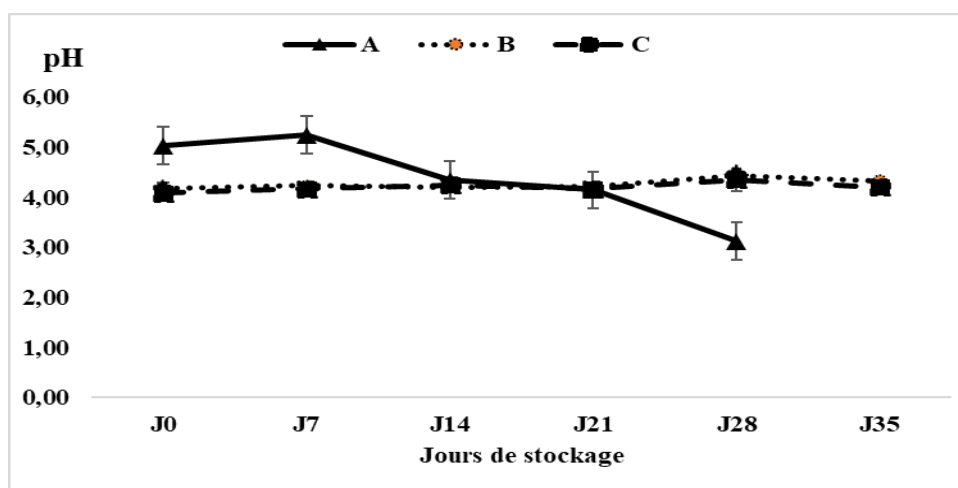
L'acidité du yaourt est généralement exprimée en degrés Dornic ($^{\circ}\text{D}$). L'acidité normale du yaourt se situe entre 75 et 100 $^{\circ}\text{D}$. Une augmentation significative de l'acidité ($p < 0.05$) a été notée en fin de stockage. En fait, l'acidité du yaourt nature (A) a augmenté de 59 %, celle du

yaourt à l'avoine (B) a augmenté de 78 % et celle du yaourt à l'avoine + jus de melon (C) a augmenté de 25 %. **Singhal et al. (2017)** et **El-Batawy et al. (2019)** ont également noté que l'acidité du yaourt à base de lait de chamelle partiellement remplacé par du lait d'avoine a augmenté progressivement en augmentant le taux de remplacement. Les auteurs ont expliqué cela par l'éventuelle présence de fermentescibles dans le lait d'avoine qui a amélioré et boosté l'activité de la culture starter. L'acidité était plus faible dans les deux échantillons de lait d'avoine fermenté (B et C) par rapport à l'échantillon A (yaourt nature) qui représente une acidité élevée. Des résultats similaires ont été obtenus par **Bernat et al. (2014)** qui ont rapporté que les valeurs d'acidité du lait d'avoine fermenté inférieures à celles du yaourt standard. Selon **Martensson et al. (2000)**, la faible acidité d'échantillons de lait fermenté à base d'avoine par rapport aux laits fermentés produit à base de lait de vache pourrait être dû au faible pouvoir tampon de leurs protéines.

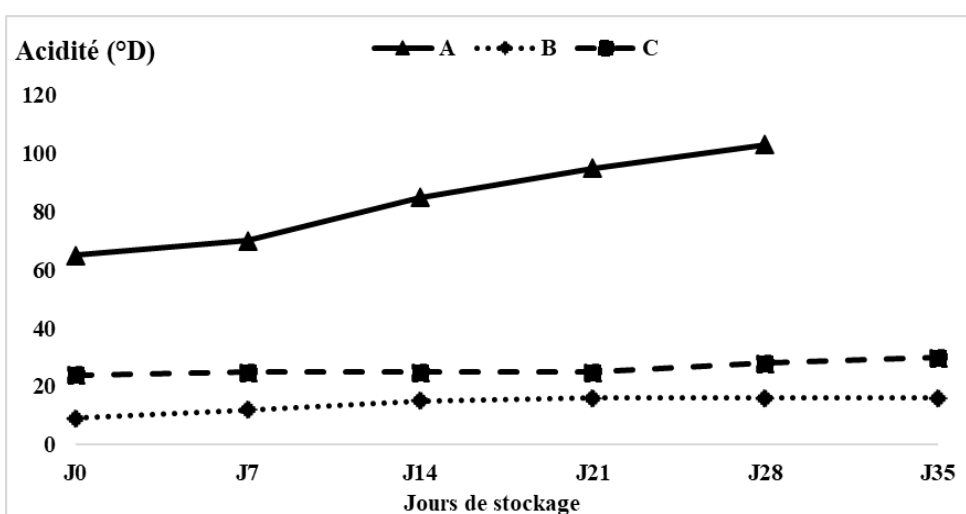
3.1.3 Mesure de l'extrait sec total (EST)

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en % ou en g/L. les valeurs de l'extrait sec du yaourt à l'avoine et du yaourt à l'avoine + jus de melon sont inférieures à celle enregistrée dans le yaourt nature et cela peut être dû à l'origine des matières premières (l'avoine). Une diminution de 26 % de la valeur de l'extrait sec obtenue pour le yaourt nature respectivement durant le 14^{ème}, 21^{ème}, 28^{ème} jours cela peut être dû à l'utilisation des ferments la matière sèche présents dans le lait de vache, pour le yaourt à l'avoine et le yaourt à l'avoine + jus de melon une léger augmentation des valeurs de l'extrait sec, durant J7 jusqu'à J21, a été notée suivie d'une diminution de 0.012 % et 0.52 % pour le yaourt B et C, respectivement, vers la fin du stockage. Selon **Béal et Sodini (2003)**, le lait de vache écrème doit être enrichi avec de la poudre du lait pour élever son taux en matières sèches, ainsi former un yaourt consistant et exempt de synérèse, cela s'applique également pour le lait d'avoine qui doit être enrichie en matière sèche afin d'assurer une consistance à laquelle, les consommateurs se sont habitués ainsi satisfaire leurs attentes.

A)



B)



C)

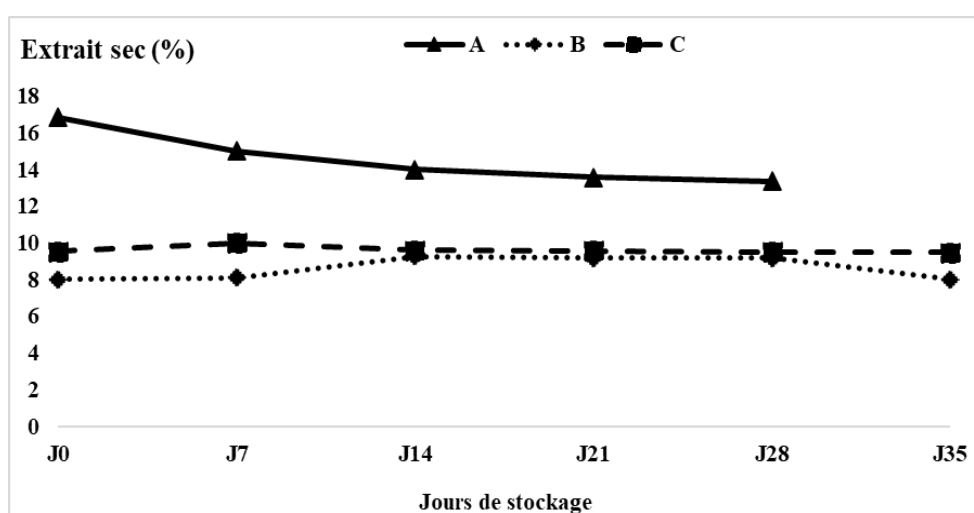


Figure 22. Evolution du pH (A) ; Acidité (B) et EST (C) des trois yaourts produits au cours du stockage ;

A : Yaourt Nature ; B : Yaourt au lait d'avoine ; C: Yaourt au lait d'avoine + jus du melon.

3.1.4 Synérèse

La séparation du lactosérum, également appelée synérèse, est l'apparition du lactosérum à la surface d'un caillé. C'est un défaut courant lors du stockage de produits laitiers fermentés comme les yaourts. La Figure n° 23 représente le taux de synérèse dans les trois types des yaourts exprimé en millilitres libérée par 10 g de chaque échantillon. Le taux le plus élevé de synérèse (3.6 mL -5mL) a été observé dans le yaourt à l'avoine + jus de melon (C) de J14 à J35, cela peut s'expliquer par la quantité du jus de melon ajoutée. De même, un taux de synérèse important a été observé dans le yaourt nature (A) (2.85mL - 4.6 mL) et qui tendais à croître de J14 jusqu'à J28 ; Cependant, le yaourt à l'avoine (B) a représenté le taux le plus faible de synérèse de 1.65 mL à 3.5 mL de J14 à J28, respectivement. **Brückner-Gühmann et al. (2019)** dans leurs travaux, ont montré que l'ajout de concentré de protéines d'avoine au lait de vache améliorait la capacité de rétention d'eau et réduisait la synérèse du yaourt en raison du rôle majeur de l'amidon d'avoine plutôt que des protéines d'avoine.

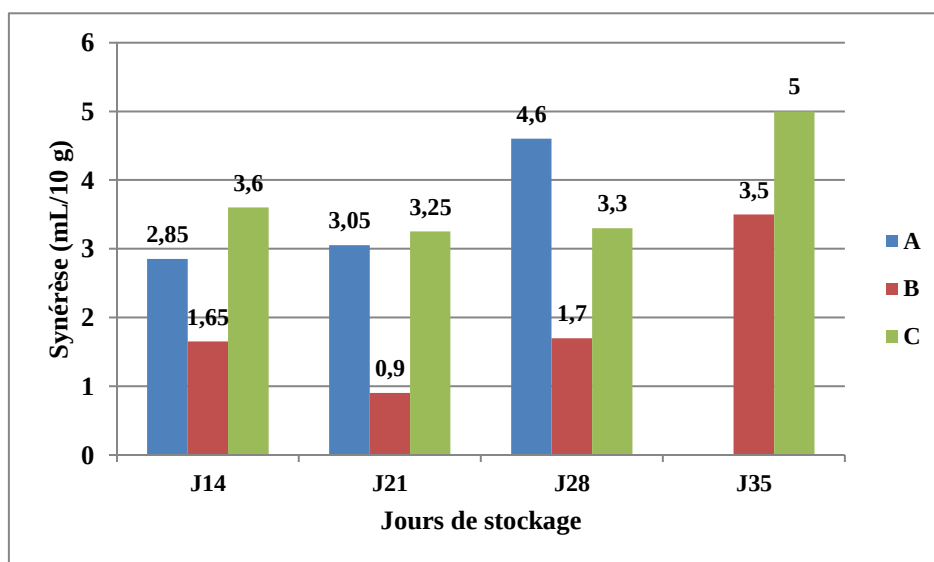


Figure 23. Synérèse dans différents laits fermentés manufacturés

A : Lait de vache fermenté ; B : lait d'avoine fermenté ; C : Lait d'avoine fermenté + jus de melon

3.2 Qualité microbiologique

L'analyse microbiologique a pour but de s'assurer que le produit préparé est de qualité sanitaire et ne présente pas de risque pour la santé du consommateur. Les résultats de l'analyse microbiologique des produits sont présentés dans le Tableau 6. On constate, d'après la comparaison aux normes du Journal Officiel n° 35 du 27 mai 1998 (**JORA, 1998**) que les résultats obtenus ont montré l'absence totale des germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Salmonelles*) et de la flore de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux) ainsi

que l'absence de la flore totale aérobie mésophile, et cela à partir de J0 jusqu'à J35 pour l'échantillon A et de J0 jusqu'à J42 pour les échantillons B et C. Cette absence de germes peut s'expliquer par le respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication durant toutes les étapes de production, depuis la préparation jusqu'au conditionnement, et aussi l'efficacité de traitement thermique (pasteurisation à 90 °C) et le respect des conditions du stockage. A J35, la flore fongique a fait son apparition mais uniquement dans le yaourt nature (A). Par conséquent, on confirme une fois de plus que la durée de conservation (DLC) du yaourt au lait de vache est de 28 jours maximum, alors qu'à J35, les échantillons B et C ont présenté une qualité microbiologique satisfaisante. Ce n'est qu'à J42 que la flore fongique est apparue avec 20 ufc/mL dans l'échantillon B, et 10 ufc/mL dans l'échantillon C avec production de gaz (Figure 24), par conséquent, la date limite de consommation du lait d'avoine fermenté peut être fixé à 35 jours, soit une semaine de plus par rapport à l'échantillon témoin.



Figure 24. Résultats d'analyses microbiologiques d'échantillon du yaourt (Belleili, 2023)

Tableau 6. Résultats d'analyses microbiologiques du yaourt fabriqué

Jour 0 – Jour 7 – Jour 4 – Jour 21				
	A	B	C	Normes JORA
Coliformes totaux	00	00	00	10/g
Coliformes fécaux	00	00	00	1/g
Flore aérobique mésophile	00	00	00	$< 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	ABS	ABS	ABS	10/g
Salmonelles	ABS	ABS	ABS	Absence dans 25g
Levures et moisissures	ABS	ABS	ABS	Levures : 10^2 Moisissure : Absence
Jour 28				
	A	B	C	Normes JORA
Coliformes totaux	00	00	00	10/g
Coliformes fécaux	00	00	00	1/g
Flore aérobique mésophile	00	00	00	$< 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	ABS	ABS	ABS	10/g
Salmonelles	ABS	ABS	ABS	Absence dans 25g
Levures et moisissures	ABS	ABS	ABS	Levures : 10^2 Moisissure : Absence
Jour 35				
	A	B	C	Normes JORA
Coliformes totaux	00	00	00	10/g
Coliformes fécaux	00	00	00	1/g
Flore aérobique mésophile	00	00	00	$< 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	ABS	ABS	ABS	10/g
Salmonelles	ABS	ABS	ABS	Absence dans 25g
Levures et moisissures	Présence	ABS	ABS	Levures : 10^2 Moisissure : Absence
Jour 42				
	A	B	C	Normes JORA
Coliformes totaux	/	00	00	10/g
Coliformes fécaux	/	00	00	1/g
Flore aérobique mésophile	/	00	00	$< 10^2$
<i>Staphylococcus aureus</i>	/	00	00	10/g
Salmonelles	/	ABS	ABS	Absence dans 25g
Levures et moisissures	/	Présence Moisissures	Présence Moisissures	Levures : 10^2 Moisissure : Absence

A : Yaourt Nature ; B : Yaourt à l'avoine ; C : Yaourt à l'avoine+melon ; Abs : Absence

3.3 Analyse sensorielle (test de dégustation)

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des laits fermentés. L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits, de façon objective selon des critères bien définis ; texture, couleur, goût, odeur et viscosité. Cette analyse a été réalisée à travers un test de dégustation des yaourts par un panel semi-entraînés constitué par 10 individus de la laiterie Edough.

3.3.1 Qualité sensorielle des échantillons de yaourt durant les différentes journées d'analyse

→ *Evaluation des laits fermentés fraîchement produits (J0)*

D'après les résultats obtenus (Figure 25), il paraît qu'il n'existe pas de différences significatives ($p > 0.05$) entre les différents yaourts produits pour tous les attributs étudiés, à l'exception de la viscosité et la couleur. En effet, les dégustateurs ont beaucoup plus préféré la couleur du yaourt nature, avec un score de 4.2, qui a présenté une couleur blanche contrairement aux deux autres échantillons qui ont présenté une couleur plus au moins beige. Les fonctionnels de l'entreprise ne sont pas habitués à cette couleur du yaourt, ce qui a pu, éventuellement, influencer leurs appréciations. La viscosité quant à elle, a été la moins appréciée pour le yaourt au lait d'avoine additionné du jus du melon en enregistrant le score le plus faible de 2.4. Ceci vient du fait que l'ajout du jus du melon était à l'origine de la dilution du yaourt, donc d'une diminution de sa viscosité.

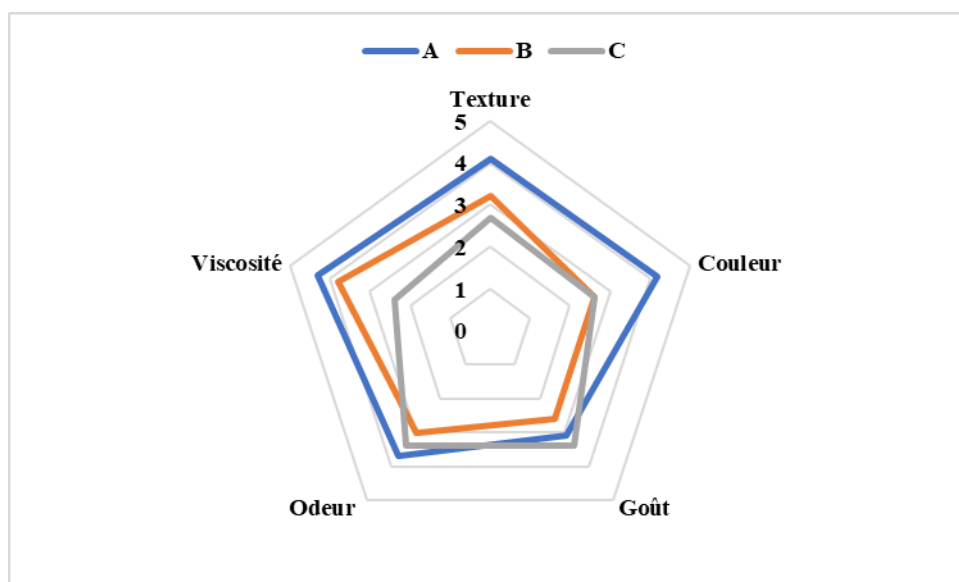


Figure 25. Attributs sensoriels des yaourts fraîchement produits
A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

Ainsi et selon les scores moyens obtenus pour les différents attributs sensoriels et l'étude statistique réalisée, les yaourts frais peuvent être classés comme suit :

Selon la texture : A- B - C ;

Selon la couleur : A > B - C ;

Selon le goût : A- B - C ;

Selon l'odeur : A- B - C ;

Selon la viscosité : A- B > C ;

→ **Evaluation des laits fermentés après 7 jours de stockage réfrigéré (J7)**

Différemment à l'évaluation à J0 (Figure 26), les résultats de l'évaluation organoleptique des yaourts a présenté des différences significatives ($p < 0.05$) pour les attributs sensoriels : texture, couleur et viscosité. Cependant, aucune différence significative ($p > 0.05$) n'a été enregistrée pour l'arôme et le goût. En effet, il paraît qu'après fermentation, le goût de l'avoine disparaît du yaourt et que les arômes produits sous l'action des ferments étaient assez dominant pour masquer le goût de l'avoine.

Le yaourt nature au lait de vache a été le plus préféré pour sa texture et sa couleur avec des scores respectifs de 4.0 et 4.4 et sa viscosité, qui ne diffère pas celle de l'échantillon B, avec un score de 4.1. Ceci vient du fait que ce yaourt est considéré comme nouveau par rapport aux dégustateurs qui n'ont jamais consommé ce genre de lait fermenté.

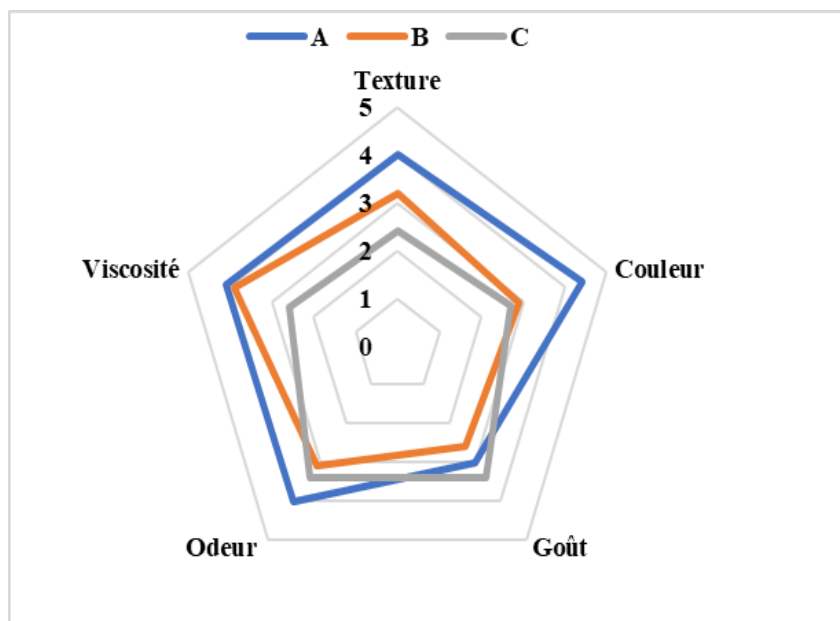


Figure 26. Attributs sensoriels des yaourts après 7 jours de stockage réfrigéré
A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

Ainsi et selon les scores moyens obtenus pour les différents attributs sensoriels et l'étude statistique réalisée, les yaourts après 7 jours de stockage peuvent être classés comme suit :

Selon la texture : $A - B > C$;

Selon la couleur : $A > B - C$;

Selon le goût : $A - B - C$;

Selon l'odeur : $A - B - C$;

Selon la viscosité : $A - B > C$;

→ **Evaluation des laits fermentés après 14 jours de stockage réfrigéré (J14)**

Contrairement aux résultats précédents, l'évaluation organoleptique après 14 jours de stockage des laits fermentés (Figure 27) a montré des différences significatives ($p < 0.05$) pour les attributs sensoriels : texture et viscosité où les dégustateurs ont attribué les notes les plus élevées de 4.7 et 4.6, respectivement pour le yaourt au lait de vache. Néanmoins, le lait fermenté au lait d'avoine (B) n'est pas été trop loin du yaourt nature, puisque les moyennes obtenues n'ont pas présentées des différences significatives avec le yaourt nature (A) et celles-ci étaient de 4.0 et 4.1, respectivement pour la texture et la viscosité. Les scores les plus faibles ont été attribués à l'échantillon C. en revanche, des différences non-significatives ($p > 0.05$) n'ont pas été enregistrées pour les attributs sensoriels couleur, goût et odeur. Ce qui peut s'expliquer, éventuellement, par le fait que les dégustateurs ont commencé à s'habituer au lait fermenté au lait d'avoine ce qui réduit leurs réticences vis-à-vis de la couleur du produit.

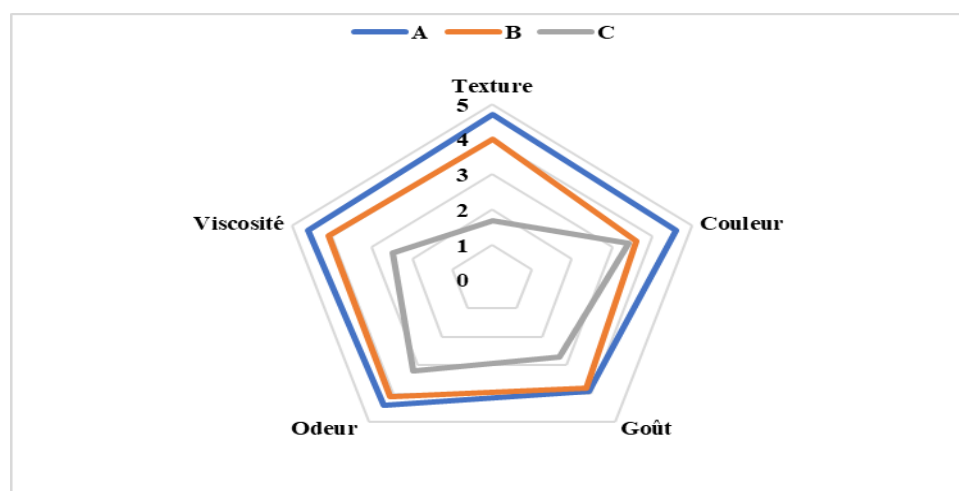


Figure 27. Attributs sensoriels des yaourts après 14 jours de stockage réfrigéré
A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

Ainsi et selon les scores moyens obtenus pour les différents attributs sensoriels et l'étude statistique réalisée, les yaourts après 7 jours de stockage peuvent être classés comme suit :

Selon la texture : $A - B > C$;

Selon la couleur : $A - B - C$;

Selon le goût : $A - B - C$;

Selon l'odeur : $A - B - C$;

Selon la viscosité : $A - B > C$;

→ **Evaluation des laits fermentés après 14 jours de stockage réfrigéré (J21)**

D'après les résultats obtenus (Figure 28), il a été remarqué qu'aucune différence significative ($p > 0.05$) n'a été enregistré entre les attributs sensoriels étudiés, à l'exception de la texture où les dégustateurs ont préféré celle des échantillons "A" et "B" avec des scores proches de 4.4 et 4.3, respectivement ; alors que la texture de l'échantillon "C" était la moins appréciée avec le score le plus faible de 2.4, témoignant que les dégustateurs n'ont pas beaucoup aimé la texture de cet échantillon. Il est à noter que le yaourt nature (A) a reçu les scores les plus élevés en termes de sa couleur et de sa viscosité (4.6 et 4.5, respectivement).

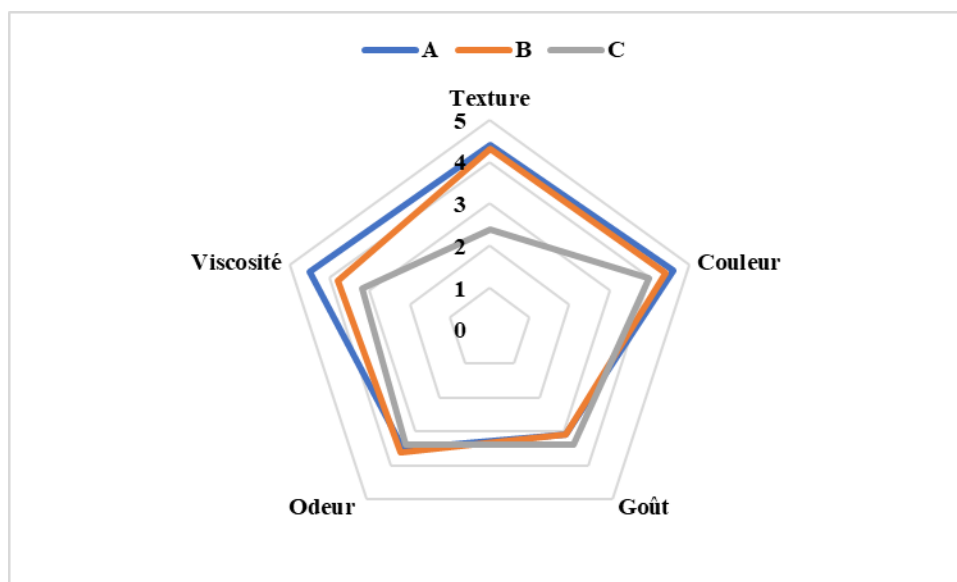


Figure 28. Attributs sensoriels des yaourts après 21 jours de stockage réfrigéré
A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

Ainsi et selon les scores moyens obtenus pour les différents attributs sensoriels et l'étude statistique réalisée, les yaourts après 7 jours de stockage peuvent être classés comme suit :

Selon la texture : $A - B > C$;

Selon la couleur : $A - B - C$;

Selon le goût : $A - B - C$;

Selon l'odeur : $A - B - C$;

Selon la viscosité : $A - B - C$.

→ **Evaluation des laits fermentés après 14 jours de stockage réfrigéré (J28)**

Les évaluations après 28 jours de stockage réfrigéré des échantillons des laits fermentés étaient très différentes des évaluations des journées précédentes (Figure 29). En effet, contrairement à ce qui a été remarqué pour précédemment, aucune différence significative ($p > 0.05$) n'a été enregistrée entre la texture et la couleur des laits fermentés. Cependant, le lait fermenté au lait d'avoine a reçu le score la plus important de 3.4 pour la texture et un score de 3.6 pour la couleur juste après le yaourt nature. En revanche, des différences significatives ($p < 0.05$) ont été rapportées pour les attributs goût, odeur et viscosité où les dégustateurs ont donné les scores les plus élevés pour l'échantillon B de 3.9 ; 3.9 et 3.7, respectivement. L'échantillon B a été suivi de l'échantillon C.

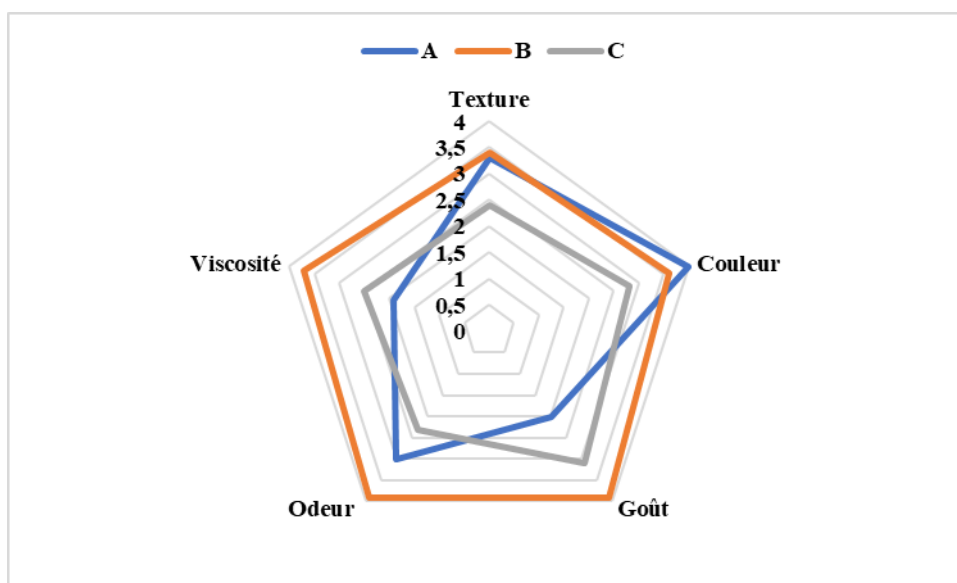


Figure 29. Attributs sensoriels des yaourts après 28 jours de stockage réfrigéré
A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

Ainsi et selon les scores moyens obtenus pour les différents attributs sensoriels et l'étude statistique réalisée, les yaourts après 7 jours de stockage peuvent être classés comme suit :

Selon la texture : A- B - C ;

Selon la couleur : A - B - C;

Selon le goût : B - C > A;

Selon l'odeur : B – A > C ;

Selon la viscosité : B - C > A.

Donc, il a été remarqué qu'après 28 jours de stockage le lait d'avoine fermenté a été le plus apprécié par les dégustateurs.

3.3.2 L'acceptabilité globale des laits fermentés auprès des consommateurs

Afin de déterminer le produit le plus préféré, il a été demandé aux dégustateurs d'attribuer une note globale (entre 1 et 5, selon qu'ils aiment bien, peu ou pas du tout le produit) pour chaque lait fermenté et durant chaque jour d'analyse (J0, J7, J14, J21 et J28). Les résultats obtenus sont alors traités statistiquement et représentés sous forme d'histogrammes dans ce qui suit (Figure 30).

3.3.2.1 Préférence à J0

D'après la Figure 30 (a) et juste après la production (J0), on remarque que l'échantillon "A" a été le plus apprécié à hauteur de 50% pour la mention "*aime beaucoup*" alors que 40 % des dégustateurs ont "*aime un peu*" le lait d'avoine fermenté (B), contrairement à l'échantillon C où 40% des dégustateurs ont donné une réponse négative (*n'aime pas du tout* et *n'aime pas beaucoup*). La somme des réponses positives ("*aime beaucoup*" et "*aime un peu*") a été en faveur de l'échantillon "A" (70%), suivi de l'échantillon "B" (60%) contre 40 % pour l'échantillon C. Pour cela, à J0 les confitures peuvent être classées par ordre décroissant, selon la préférence des dégustateurs, comme suit : **A > B > C**.

3.3.2.2 Préférence à J7

Après une semaine de stockage (Figure 30), il a été remarqué que le yaourt nature (A) a eu un pourcentage hautement élevé (70%) en terme d'appréciation globale pour la mention "*aime beaucoup*" suivi du lait fermenté "B" à hauteur de 20%. Alors que l'échantillon C a été apprécié par une minorité de dégustateurs (10 %) ce qui le classe en dernière position par rapport aux autres produits. La somme des réponses positives ("*aime beaucoup*" et "*aime un*

peu") a été en faveur, toujours de l'échantillon "A" (80%), suivi de l'échantillon "B" (60%) et enfin l'échantillon "C" (40%). Pour cela et après 7 jours de stockage, les produits gardent le même ordre de classement décroissant que celui de J0 et sont classées, selon la préférence des dégustateurs, comme suit : **A > B > C**.

3.3.2.3 Préférence à J14

Après 21 jours du stockage (Figure 30), le yaourt témoin a été le plus apprécié vu que 80 % des dégustateurs ont beaucoup aimé cet échantillon, d'ailleurs, il n'y avait pas de dégustateurs qui ont attribué une appréciation négative. Celui-ci a été suivi de l'échantillon "B" avec un pourcentage de 50 % de dégustateurs, et enfin, il n'y avait que 10 % des consommateurs qui ont aimé beaucoup l'échantillon "C". Le total des dégustateurs donnant une réponse positive "*aime beaucoup*" et "*aime un peu*" était de 100 % pour le "A", de 80 % pour le "B" et n'était que de 50 % pour le "C". Pour cela, le même ordre décroissant de classement que celui de J0 et J7 selon le pourcentage des dégustateurs a été gardé : **A > B > C**

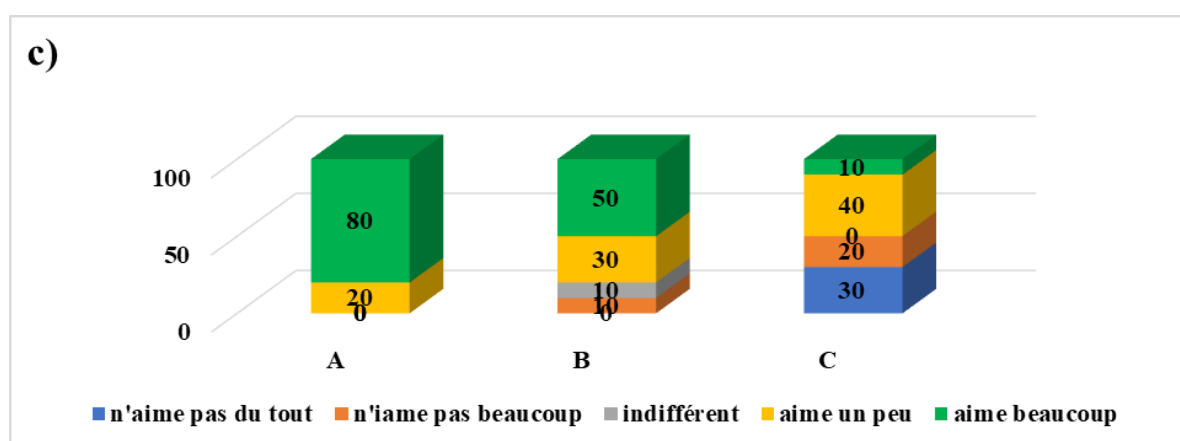
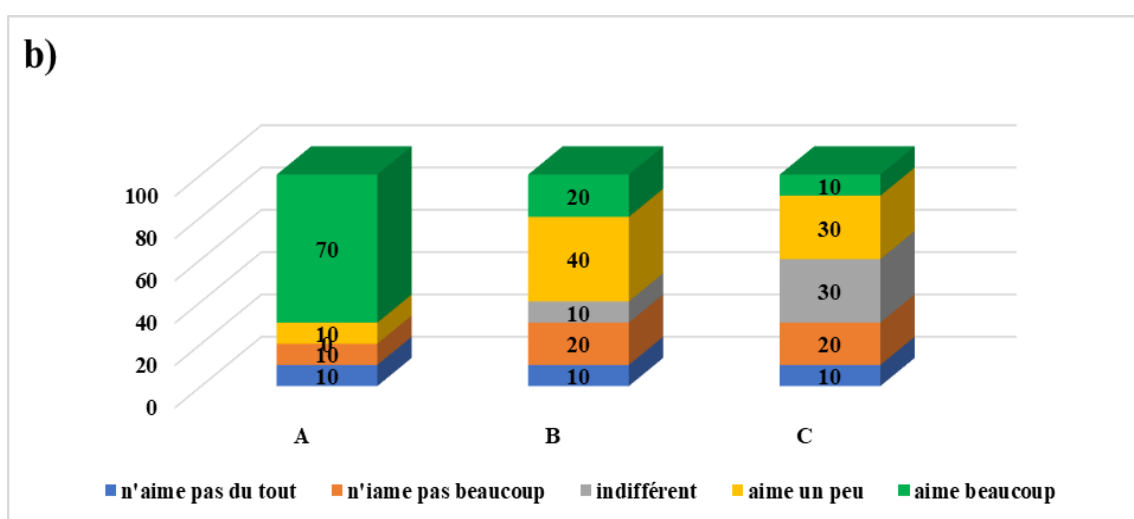
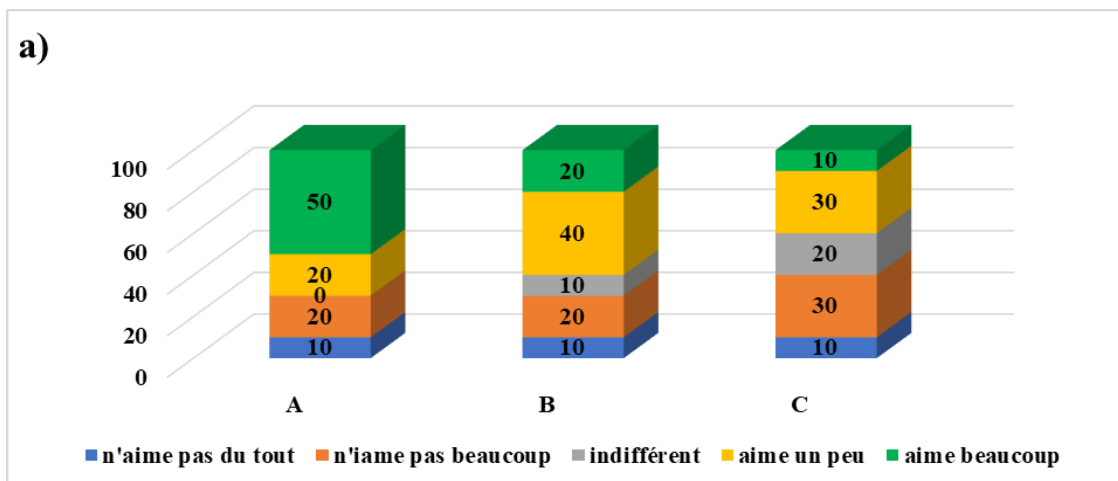


Figure 30. Pourcentage d'appréciation des laits fermentés durant le stockage, a) J0 ; b) J7 ; c) J14

A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

3.3.2.3 Préférence à J21

Les préférences des dégustateurs après 21 jours de stockage des produits étaient en faveur de l'échantillon "B", vu que le pourcentage des dégustateurs ayant donné une réponse positive ("*aime beaucoup*" et "*aime un peu*") était de 80 % contre seulement 50 % pour les échantillons "A" et "C". Ceci nous mène à dire que le lait d'avoine fermenté a commencé à développer un goût, un arôme et une couleur qui a attiré plus le consommateur. Ainsi et après 21 jours de stockage réfrigéré, les échantillons peuvent être classés, par ordre décroissant, selon la préférence des dégustateurs, comme suit : **B > A - C**.

3.3.2.4 Préférence à J28

Vers la fin du stockage, le pourcentage des dégustateurs ayant donné une réponse positive ("*aime beaucoup*" et "*aime un peu*") pour l'échantillon "B" était pareil à celui noté pendant J21 de 80 % contre seulement 30 % et 40 % pour les échantillons "A" et "C", respectivement. Comme pour précédemment, il paraît que le lait d'avoine à développer des caractéristiques organoleptiques qui ont attiré plus les consommateurs plus que le yaourt nature, qui est très connu de la part des dégustateurs, quant au lait fermenté additionné du jus du melon, celui-ci n'a pas développer tant de caractéristiques organoleptiques peut-être à cause de la présence du jus qui a perturbé probablement le processus de fermentation des bactéries lactiques.

Ainsi et après 28 jours de stockage réfrigéré, les produits gardent le même ordre de classement décroissant que celui de J21 et sont classées, selon la préférence des dégustateurs, comme suit : **B > C > A**.

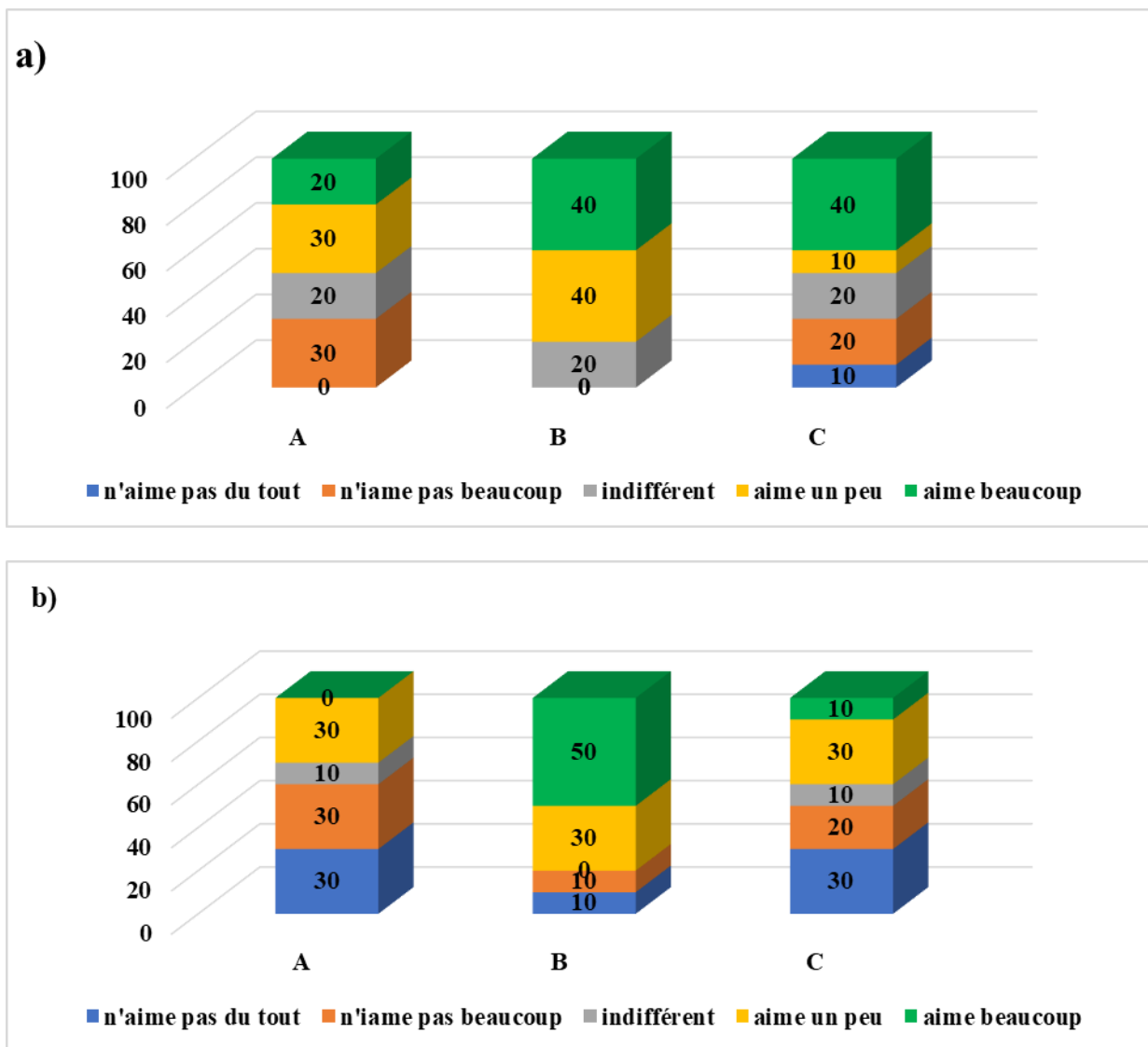


Figure 31. Pourcentage d'appréciation des laits fermentés durant le stockage, a) J21 ; b) J28
A : yaourt Nature, B : yaourt au lait d'avoine, C : yaourt au lait d'avoine + jus du melon

4.Valeur nutritionnelle

La valeur nutritionnelle des différents laits fermentés produits a été déterminée et les résultats sont montrés dans les tableaux suivant :

Tableau 7. Valeur nutritionnelle des laits fermentés pour 100 g de produits

Macronutriments	Valeur nutritionnelle		
	Yaourt nature (A)	Yaourt au lait d'avoine (B)	Yaourt au lait d'avoine +jus du melon (C)
Protéines (g)	4.73	0.46	0.5
Glucides (g)	6.68	7.8	7.1
Lipide (g)	2.79	1.1	1.1
Sel minéraux (g)	0.15	0.01	0.02
Eau (g)	84.73	90.5	90.5
Energie (kJ)	298	182	171
Calorie (kcal)	70	43	40.3

D'après les résultats du Tableau 7, on observe que :

- L'apport protéique du yaourt au lait de vache est de loin, le plus important en comparaison avec celui du lait d'avoine fermenté avec un apport de 4.73 g de protéines contre 0.5 g et 0.46 g pour le lait d'avoine fermenté et le mélange lait d'avoine et jus fermenté, respectivement ;
- Contrairement à l'apport protéique, l'apport glucidique était plus important dans les laits d'avoine fermentés (échantillons B et C) avec des apports respectifs de 7.8 g et 7.1 g contre 6.68 g dans l'échantillon témoin ; ceci peut s'expliquer par la contribution des fibres à l'apport glucidique ;
- Les yaourts au lait d'avoine (échantillons B et C) étaient les moins gras car ils ont affiché une teneur en lipide de 1.1 g par rapport au yaourt nature avec un apport de 2.79 g ;
- Le yaourt témoin (au lait de vache) était le plus calorique, car pour 100 g, une quantité d'énergie de 70 Kcal (298 KJ) est apportée contre une quantité de 43 Kcal (182 KJ) et 40.3 Kcal (171 KJ) apportée par les échantillons à base du lait d'avoine B et C, respectivement ;
- Le yaourt au lait de vache contient plus de sels minéraux (0.15 g) par rapport au yaourt d'avoine additionné jus du melon (0.02 g) et au yaourt au lait d'avoine (0.01g) ;
- Enfin, le lait d'avoine fermenté était plus hydraté avec une teneur en eau de 90.5 g (pour les échantillons B et C) par rapport au yaourt nature au lait de vache qui a enregistré une teneur en eau de 84.73 g.

Le lait d'avoine fermenté de type "yaourt" est un produit d'origine végétale : riche en glucide, riche en eau, pauvre en lipides, protéines et minéraux, il ne contient pas du lactose. Ainsi, ces caractéristiques rendent le produit un aliment sûr et adapté aux personnes souffrant d'une intolérance au lactose, aux personnes souffrant de problème de côlon irritable (présence de fibres), et de d'hypertension (apport faible en sels minéraux), pour des régimes hypocaloriques (apport lipidique et calorique très faibles), en plus de son apport en eau important (produit hydratant) et de toutes les molécules bioactives apporté naturellement par la plante. A cela, s'ajoute le fait que le produit est sans sucre ajouté. Cependant, compte tenu de la faible teneur en protéines et en sels minéraux, remplacer complètement le yaourt au lait de vache par du yaourt à base d'avoine sans ajuster le régime alimentaire global peut entraîner des carences à long terme en ces nutriments clés.

5. Valeur économique

Afin d'envisager une éventuelle mise sur le marché, il a été considéré comme essentiel de calculer le coût de production du yaourt à base de lait d'avoine, ainsi que du yaourt à base de lait d'avoine additionné de jus de melon. Cette étape est nécessaire pour évaluer si le produit est susceptible d'être attractif et intéressant pour les consommateurs.

Le produit : yaourt ferme à base lait d'avoine et yaourt ferme à base lait d'avoine additionné jus du melon

La quantité obtenue : 77 pots de 60 g chacun.

Les frais entrant dans la fabrication du yaourt sont calculés comme suit :

5.1 Matière première

Le tableau ci-dessous rassemble le coût des différentes matières premières utilisées pour fabriquer le yaourt.

Tableau 8. Matières premières, quantité et prix

Matériau première	Quantité utilisée	Prix
Eau	5 litres	150 DA
Avoine	600 g	300 DA
Jus du melon	800 mL	400 DA
Ferment lactique (X16-Hansen)	0.37 g	62 DA

Le coût total des matières premières sera donc de ;

- ✓ 300.7 DA pour 77 pots de yaourt à base du lait d'avoine ;
- ✓ 600.5 DA pour 77 pots de yaourt à base du mélange (lait d'avoine + jus du melon).

5.2 Main d'œuvre

On considère que les SMIG (salaire minimum Garantie interprofessionnelle) des employés est de 20000 DA, c'est-à-dire que les employés obtiennent 20000DA après avoir travaillé pendant 22 jours (1d = 909 DA et 1h= 113.63DA).

5.3 Frais divers

Les frais divers présentent 5% du coût total et englobent :

- Gaz.
- Electricité.
- Les ustensiles.
- L'emballage

Ces frais sont évalués à : 20.72 DA pour yaourt à base du lait d'avoine et 35.71 DA pour yaourt à base du mélange (lait d'avoine + jus du melon).

Après estimation des prix des composants utilisés dans la fabrication, le prix du produit fini sera :

- ✓ 435.05DA pour les 77 pots, donc le pot Coûtera 5.65≈**6** DA pour yaourt ferme à base lait d'avoine ;
- ✓ 749.84DA pour les 77 pots, donc le pot Coûtera 9.74≈**10** DA pour yaourt ferme à base lait d'avoine additionné jus du melon

Remarque : il est à noter que la chaîne du froid, la distribution (grossistes et détaillants), l'atelier de travail, ...etc. n'ont pas été tenus en compte dans ce calcul. Pour cela le prix pourra s'élever encore.

Conclusion & Perspectives



Conclusion & Perspectives

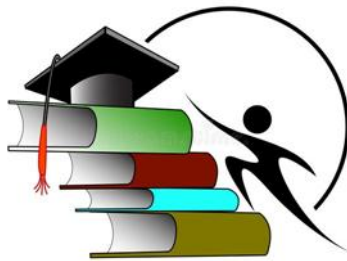
Le présent travail a été réalisé dans le cadre de la mise au point d'un nouveau lait fermenté d'origine exclusivement végétale à base des flocons d'avoine et du jus de melon. Le travail avait pour but, d'abord de déterminer les propriétés techno-fonctionnelles et physicochimiques de la farine d'avoine ainsi que les laits d'avoine. Après, la fabrication des différents laits ferment (yaourt nature, yaourt à base d'avoine et yaourt à base du mélange lait d'avoine et jus du melon). Les qualités physico-chimiques (pH, acidité et l'extrait sec), microbiologique et organoleptique de ces derniers ont été suivies pendant une période de 42 jours de stockage réfrigéré. La synérèse a été déterminée après 14, 21, 28 et 35 jours de stockage. Enfin, la valeur nutritionnelle des trois échantillons a également été évaluée. De l'ensemble des résultats obtenus nous pouvons retenir les conclusions suivantes :

- Les résultats obtenus ont montré que la farine d'avoine a présenté des propriétés techno-fonctionnelles très intéressantes ouvrant les voies vers de multiple utilisations ;
- Les résultats d'analyse physico-chimiques du produit ont montré que l'acidité et l'extrait sec total des yaourts à base de lait d'avoine et à base du mélange lait d'avoine – jus du melon étaient inférieurs à ceux du yaourt témoin vers la fin du stockage ;
- La synérèse était plus élevée dans le yaourt à l'avoine + jus de melon par rapport au taux de synérèse des yaourts témoin et à l'avoine ;
- Les résultats microbiologiques ont montré que les échantillons à base de lait d'avoine étaient plus stables et avaient une durée de conservation d'une semaine de plus que le yaourt témoin ;
- Sur le plan organoleptique, l'analyse a démontré que le yaourt à l'avoine a été le plus préféré vers la fin du stockage, en revanche, le yaourt nature était le plus apprécié les premières semaines de fabrication ;
- L'analyse de la valeur nutritionnelle des échantillons du yaourt a montré que les yaourts à base du lait d'avoine étaient moins caloriques et plus hydratés que le yaourt témoin. Ceci rend notre produit plus adapté aux personnes souffrant d'intolérance au lactose et aux personnes souffrant de problème de côlon irritable, ainsi que les personnes suivant un régime amaigrissant ;
- Quant à l'évaluation économique, celle-ci a montré que le produit peut être commercialisé efficacement à un prix raisonnable.

À partir de ces conclusions, quelques perspectives peuvent être suggérées afin d'approfondir les connaissances sur ce nouveau produit, ainsi il serait intéressant de :

- Déterminer les activités biologiques (activité antioxydante, antibactérienne, anti-inflammatoire...etc) éventuelles de la farine d'avoine ;
- Une étude détaillée des composants du lait d'avoine et de ses effets thérapeutiques ;
- Utiliser le lait d'avoine non seulement pour la fabrication du yaourt mais aussi pour d'autres produits tels que le fromage et le chocolat et les différentes sauces ;
- Déterminer l'activité antibactérienne et antioxydant du yaourt à base lait d'avoine ;
- Une étude in vivo chez les souris ou les rats pour évaluer l'impact de la consommation de ce yaourt sur le transit gastrointestinale et l'évolution du microbiote intestinal.

Références Bibliographique



Références bibliographiques

-A-

Alvenäs A. (2017). Antioxidants (avenanthramides, tocopherols and tocotrienols) in different oat (*Avena sativa*) cultivars before and after malting. Master's Thesis, Department of molecular sciences, pp 56. Online publication: <http://stud.epsilon.slu.se>.

AOAC (2006), Official Methods of Analysis, 18th ed., AOAC International, Gaithersburg, Maryland, MD.

Axelsson L. (1998). Lactic acid bacteria: Classification and physiology. In, S. Salminen and A. Von Wright (eds). Lactic Acid Bacteria: Microbiology and Functional Aspects, 2nd edition. Marcel Dekker, Inc, New York, pp. 1-72.

-B-

Béal C & Sodini. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. In « Filière de production : produits d'origine animale. 2ème édition Techniques de l'ingénieur, 39 - 42 p.

Bernat N., Chafer M., Gonzalez-Martinez C., Rodriguez-Garcia J & Chiralt A. (2014). Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. J.Food Sci. Technol. Int, 21: 145-157.

Brückner-Gühmann M., Benthin A & Drusch S. (2019). Enrichment of yoghurt with oat protein fractions: Structure formation, textural properties and sensory evaluation. J.Food Hydrocoll, 86, 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.019>

Benmeziane–Derradji F & Aoun S. (2022). Characterization of Algerian turmeric and ginger based on their physicochemical, functional and biological properties. J. JOSAC , 31 (2) : 143-156.

Benmeziane-Derradji F, Djermoune-Arkoub L, Ayat NEH & Aoufi D. (2020). Impact of roasting on the physicochemical, functional properties, antioxidant content and microstructure changes of Algerian lentil (*Lens culinaris*) flour. J. Food Meas. Charact, pages 1-14.

-C-

Caliskan G & Dirim SN. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. J. Powder Technol, 287, 308 – 314.

Charalampopoulos D ., Wang R ., Pandiella SS & Webb C.(2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: A review. Int. J. Food Microbiol, 79: 131-141.

-D-

Davis J& McLachlan T. (1974). Yogurt in the United Kingdom: chemical and microbiological analysis. Dairy Ind. 39:149-157, 177

Davis JG., Ashton TR & McCaskill M. (1971). Enumeration and viability of *L. bulgaricus* and *Str. thermophilus* in yogurts. J.Dairy Ind, 36:569-573.

-E-

El-Batawy OI., Mahdy SM & Gohari ST.(2019). Development of Functional Fermented Oat Milk by Using Probiotic Strains and Whey Protein. *Int.J.Dairy Sci*,14(1):21-28.

Emmons C & Peterse-n DM. (1999). Antioxidant Activity and Phenolic Contents of Oat Groats and Hulls.*J.Cereal Chem*, 76(6):902–906

-F-

Facklam R.(2002). What happened to the streptococci: Overview of taxonomic and nomenclature changes. *J.Clin.Microbiol. Reviews*, 15(4), 613–630.<http://dx.doi.org/10.1128/CMR.15.4.613-630.2002>

-G-

Gao XY., Zhi XY., Li HW., Klenk, HP., Li WJ. (2014). Comparative genomics of the bacterial genus streptococcus illuminates evolutionary implications of species groups. *PLoS ONE*, 9(6), e101229. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0101229>.

Ghasemzadeh R., Ghavidel RA. (2011). Processing and assessment of quality characteristic of Cereal- Legumes composite weaning foods.*International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics,Singapore, LACSIT Press*, 5: 357-359

Gramza-Michałowska A., Kmiecik D., Kobus-Cisowska J., Żywica1 A., Dziedzic K., Brzozowska ,A.(2018). Phytonutrients in Oat (*Avena sativa* L.) Drink: Effect of Plant Extract on Antiradical Capacity, Nutritional Value and Sensory Characteristics. *Polish J. Food Nutr. Sci*, 68(1): 63–71.

-H-

Hammes ,W.P., Vogel ,R.F (1995). The genus *Lactobacillus*. In, B.J.B. Wood and W.H. Holzapfel (eds).*The Genera of Lactic Acid Bacteria*, vol 2. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5817-0_3

Hande .,D, Meric., S, Gülşah .,Y.(2020). Effect of oat milk pasteurization type on the characteristics of oat milk yogurts. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110271>

Hols P., Hancy F., Fontaine L., Grossiord B., Prozzi D., Leblond-Bourget N., Kleerebezem M. (2005). New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. *FEMS Microbiol Reviews*, 29(3), 435–463. <http://dx.doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.008>.

-J-

J.O.R.A, N° 35 du 27 mai 1998. Arrêté interministériel du 24 janvier relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, P 9-25.

Jeske S., Zannini E., & Arendt E K. (2018). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Int. Food Res. J*, 110, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>

-K-

Karlberg E.(2010). A study of avenanthramides in oats for future applications. ISSN 1401-2138, pp 48.

Kim IS., Hwang CW., Yang WS., Kim CH. (2021). Multiple Antioxidative and Bioactive Molecules of Oats (*Avena sativa* L.) in Human Health. Antioxidants, 10: 1454. <https://doi.org/10.3390/antiox10091454>.

Klander O., Regular WN. (1986). Nonsporing Grampositive rods. In: BMSB (Edited by Sneath, PHA, Mair NS, Sharpe ME, Holt JG), pp. 1208-1234.

-L-

Li H., Zhu Y., Jiao A., Zhao J., Chen X., Wei B., Hu X., Wu C., Jin Z., Tian,Y. (2013). Impact of alpha-amylase combined with hydrochloric acid hydrolysis on structure and digestion of waxy rice starch. Int. J. Biol. Macromol, 55: 276-281. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.01.021>

Li HY., Wen YY, Wang J., Sun BG. (2018). Relations between chain- length distribution, molecular size, and amylose content of rice starches. Int. J. Biol. Macromol, 120: 2017-2025.

Londono DM., van't Westende WPC., Goryunova S., Salentijn EMJ., Van den Broeck HC., Van der Meer IM., Visser RGF., Gilissen LJWJ., Smulders MJM (2013). Avenin diversity analysis of the genus *Avena* (oat). Relevance for people with celiac disease. J .Cere Sci 58:170–177. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.017>

-M-

Mao H., Xu M., Ji J., Zhou M., Li H., Wen Y., Wang J., Su B.(2022). The utilization of oat for the production of wholegrain foods: Processing technology and products. Food Front, 3:28–45.

Martensson O., Oste R & Holst O. (2000). Lactic acid bacteria in an oat-based non-dairy milk substitute: Fermentation characteristics and exopolysaccharide formation. LWT-Food Sci. Technol., 33:525-530.

Meydani M.(2009). Potential health benefits of avenanthramides of oats. Nutr Reviews, 67(12) :731–735.

Miller SS., Fulcher RG .(2011) .Chemistry and Technology in Oats ,ed .F.H .Webster and P.J.Wod,American Association of Cereal Chemists , Inc (AACC).St Paul ,2011,pp.77-94.)

-P-

Paudel D., Dhungana B., Caffè M., Krishnan P. (2021). A Review of Health-Beneficial Properties of Oats. Foods 10: 2591. <https://doi.org/10.3390/foods10112591>.

Peterson DM. (2001). Oat Antioxidants J. Cereal Sc.33(2):115-129 (Abstract).

Puhan Z., Banhegyi M & Flueller O.(1973). Die durch Milchsäurebakterien verursachten Veränderungen während der Lagerung von Joghurt bei verschiedenen Temperaturen. Schweiz. Milchw. Forsch. 2(Dec.):53-59

-R-

Ratnesh k., Samsher., Singh BR., Suresh C., Neelash C., &Ruchi V.(2021) .Physico-chemical and functional properties of different flours used for preparation of cookies .JPI, 10(12): 716-722

Ryan D., Kendall M., Robards K. (2007). Bioactivity of oats as it relates to cardiovascular disease. Nutrition Research Reviews , 20 : 147–162.

-S-

Salgado P., Hoàbình L., Chícưong V., Vănthủ T., Thịhoaly N. (2008). Production et utilisation de l'avoine fourragère (*Avena strigosa* et *Avena sativa*) au nord du Vietnam : une solution pour résoudre le déficit fourrager en hiver. Rapport scientifique, 95 pages.

Sandhu KS., Godara P.,Kaur M., Punia Bangar S. (2017). Effect of toasting on physical, functional and antioxidant properties of flour from oat (*Avena sativa* L.) cultivars. J. Saudi Soc. Agric. Sci, Pages 197-203.

Schilperoord. P.(2017). Les plantes cultivées en Suisse : l'avoine. Éditeur: © Vereinfür alpine Kulturpflanzen, 38pages. DOI: [10.22014/97839524176-e10](https://doi.org/10.22014/97839524176-e10).

Shah A., Masoodi FA., Gani A., Ashwar BA (2016). Newly released oat varieties of himalayan region- techno-functional, rheological, and nutraceutical properties of flour. LWT-Food Sci Technol 70:111–118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.033>

Sieuwerds S., de Bok FAM., Hugenholtz J., van Hylckama Vlieg J ET. (2008). Unraveling microbial interactions in food fermentations: From classical to genomics approaches. Appl. Environ. Microbiol, 74(16), 4997–5007. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.00113-08>.

Singhal S., Baker RD & Baker SS. (2017).A comparison of the nutritional value of cow's milk and nondairy beverage .J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. [64\(5\):p 799-805, May 2017](https://doi.org/10.1016/j.jpgn.2017.05.005).

Staka A, Bodnieks E, Puk, ītis A (2015) Impact of oat-based products on human gastrointestinal tract Proc. Latv. Acad. Sci. Section B, Vol. 69 (2015), No. 4 (697), Pp. 145–151.DOI: 10.1515/Prolas-2015

Stevenson DG., Inglett GE., Chen D., Biswas A., Eller FJ., Evangelista RL. (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of supercritical carbon dioxide-treated and air-classified oat bran concentrate microwave-irradiated in water or ethanol at varying temperatures .Food Chem, 108 : 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.060>

-T-

Tamime AY., Deeth HC (1980). Yogurt: Technology and biochemistry. J. Food Prot. 43:939-977. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-43.12.939>

Tripathi V., Singh A., Ashraf MT.(2018). Avenanthramides of Oats: Medicinal Importance and Future Perspectives. Pharmacogn Rev, 12:66-71.

www.ciqua.anses.fr: consulté le 11/08/2022 à 19H14.

Annexe



Annexe 01

Procédure Bactériologique

Préparation des échantillons

1. Domaine d'application

Ce mode opératoire s'applique pour les produits fabriquée par l'entreprise

- Lait pasteurisé conditionné ;
- Lait fermenté conditionné ;
- Lait frais conditionné ;
- Camembert ;
- Beurre.

2. Dénombrement des Salmonelles

2.1 Technique d'analyse

Cette recherche comporte les étapes suivantes :

- Enrichissement sur milieu bouillon de sélénites de sodium cystine ;
- Isolement sur milieu gélose pour **salmonella shigella** (gélose SS).

2.2 Inoculation et incubation

- Introduire 1 ml de lait à analysé dans 10 ml de bouillon sélénite ;
- Incuber à 37°C pendant 24 heures ;
- Prélever une colonie et ensemer en stries sur la surface de la gélose.

2.3 Lecture

Les **salmonelles** apparaissent incolores et transparentes de petite taille.

3. Dénombrement des Levures et des Moisissures

3.1 Technique d'analyse

- Après avoirensemencé les boites de pétri ;
- Couler la gélose de pomme de terre à pH 4.5 (que l'on aura préparé juste au moment de l'emploi) ;
- Mettre les boites de pétri en incubation à 20 à 25 °C pendant 5 jours.

3.2 Lecture

Compter les colonies de levures et de moisissures présentés dans les boites de pétri et exprimer les résultats par ml de produit l'aspect des colonies permet de les distinguer :

1. Les levures se présentent sous forme de colonies rondes plus ou moins bombées ou plates en surface, lenticulaire en profondeur, leur contour est le plus souvent régulier elles sont opaques et pigmentées ;
2. Les moisissures se présentent sous forme de colonies duveteuses pigmentées, plus ou moins étendues ;

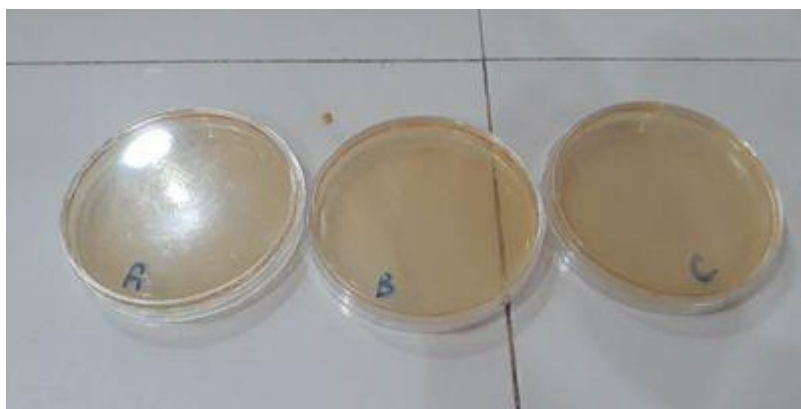


Figure 1.Dénombrement des Levures et des Moisissures (Belleili,2023)

4. Dénombrement des Coliformes

Sont des germes de contamination fécale, ils vivent normalement dans l'intestin de l'homme et des animaux .Les coliformes se caractérisent par leur aptitude de fermenter le lactose avec production de gaz.

4.1 Technique d'analyse

- Introduire 1ml du lait de chaque dilution de lait sur le fond des boites pétri
- Couler environ de 12 ml de gélose de désoxcholate dans chaque boîte pétrie
- Homogénéiser le contenu des boites ;
- Incuber les boites à 37 °C pendant 24 heures.

4.2 Lecture

- Les colonies apparaissent rouges foncés de 0.5 mm de diamètre ;
- On compte le nombre de colonies et on ramène au nombre de germes par ml en tenant compte de la dilution.

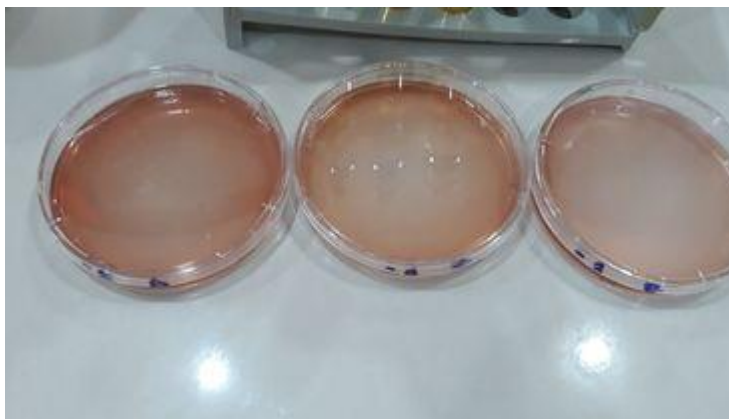


Figure 2.Dénombrement des coliformes (Belleili ,2023)

5. Dénombrement des Staphylocoques

5.1 Technique d'analyse

- On utilise le milieu Giolitti /Conton ;
- Introduire 19 ml de Giolitti /Conton puis ajouter 10 gouttes de solution stérile de tellurite de Potassium à 1% ;
- Inoculer ml du produit à analyser ;
- Après ensemencement et homogénéisation, versé soigneusement dans chaque tube sur une hauteur de 2 à 3 cm de paraffine ;
- Mettre les tubes en incubation à 37 °C pendant 24 heures.

5.2 Lecture

La culture de Staphylocoques est indiquée par la formation d'un précipité noir ou le noircissement total du tube.

Il est toutefois nécessaire de confirmer la présence de staphylocoques par culture sur milieu gélose (milieu de Chapman).

5.2 Lecture de développement sur milieu gélose (milieu de Chapman)

Sur ce milieu les Staphylocoques est indiquée par la formation d'un précipité noir ou le noircissement total du tube, il est toutefois nécessaire de confirmer la présence de les Staphylocoques par culture sur milieu gélose (milieu de Chapman.)

Annexe 02

Production scientifique

1. **Benmeziane F, Belleili I. 2023.** Plant-based dairy alternative: Oat (*Avena sativa*) milk, a physicochemical characterization. “*The First International Webinar on: Promotion and Exploitation of Plants of Ecological and Economic Interest*”, held between 15 and 16 March 2023 (e-Poster).



2. **Benmeziane – Derradji F, Belleili I. 2023.** Fermentation of oat milk with melon juice: production and quality assessment during refrigerated storage. Le premier Webinaire National sur: “*Natural Products and Bioactive Compounds, an Issue of Sustainable development*”, Mars 11, 2023. University Aboubaker Belkaid-Khenchela (e- Poster).

