

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité/Option : Production et Transformation Laitière

Département : Écologie et Génie de l'Environnement

Thème

Valorisation des pépins de melon par leurs utilisations dans les industries laitiers

Présenté par : SEBTI Asma

Devant le jury composé de :

Présidente : Dr. DRIF Fahima	M.C.A	Université 8 Mai 1945 – Guelma
Examinatrice : Dr. DOUAKHA Meriem Hannane	M. A.A	Université 8 Mai 1945 – Guelma
Encadreur : Dr. BENTBOULA Moncef	M.C.B	Université 8 Mai 1945 – Guelma

Juin 2025

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à remercier **DIEU**, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé le courage, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce mémoire.

J'exprime ma profonde gratitude à **Monsieur BENTEBOULA Moncef**, Maître de conférences à l'Université du 8 Mai 1945 de Guelma, mon encadreur, pour sa précieuse orientation, sa disponibilité constante, sa rigueur scientifique et la bienveillance dont il a fait preuve tout au long de cette recherche. Son accompagnement a été décisif dans la réalisation de ce travail.

Mes remerciements les plus sincères vont également aux membres du jury :

- **Dr. DRIF Fahima**, Maître de conférences à l'Université du 8 Mai 1945 de Guelma, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury d'évaluation.
- **Dr. DOUAKHA Meriem Hannane**, Maître-assistante dans la même institution, pour avoir accepté de consacrer de son temps à l'examen de ce modeste mémoire.

Je tiens à adresser un remerciement tout particulier aux responsables de la **laiterie EDOUGH d'Annaba**, qui m'ont offert l'opportunité d'effectuer un stage pratique dans les meilleures conditions, ainsi qu'à tout le personnel du laboratoire de l'usine, pour leur accueil et leur disponibilité.

Ma reconnaissance s'étend à **Madame Saïda AGGOUNE** et à l'ensemble du personnel administratif de l'Université de Guelma, pour leur professionnalisme, leur accueil chaleureux et leur accompagnement tout au long de mon parcours.

Je remercie également, avec une profonde gratitude, les membres des laboratoires pédagogiques — **Najah, Nassima et Ratiba** — pour leur aide précieuse, leur assistance technique et leur bienveillance au quotidien.

Je n'oublie pas **Monsieur ROUABHIA**, chef du département, pour sa gestion exemplaire et ses encouragements.

Enfin, à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce mémoire, je vous adresse mes plus sincères remerciements.

Dédicace

À la mémoire de mes chers parents, qu'Allah leur accorde Sa miséricorde et les accueille dans Son vaste Paradis. Ils ont quitté ce monde, mais leur amour, leurs valeurs et leurs invocations silencieuses vivent encore en moi. Ce travail est le fruit de leur éducation et de leurs sacrifices. Qu'Il les récompense pour tout le bien qu'ils ont semé dans ma vie.

À mes sœurs bien-aimées, Amel, Hasna, Wassila, Khitem et Amira, merci pour votre présence constante, votre affection et vos prières.

À mon frère, Mohamed Bilel, ta force tranquille et ta fidélité ont été un soutien inestimable.

À mon époux, Bilel, ton amour, ta patience et ta compréhension ont illuminé chaque étape de ce chemin.

À mes fils adorés, Yasser Taki Eddine et Saïthem Amir, vous êtes ma plus grande fierté, ma source d'inspiration et mon espoir le plus doux.

À mes nièces : Lina Norhane, Inès Nadjette et Lina Sara, et à mes neveux : Mohamed Madjid et Hatème Abd Razek, que vos sourires et votre joie continuent d'emplir nos vies de lumière.

À toute ma grande famille, merci pour votre amour, votre bienveillance et vos encouragements.

Ce mémoire vous est dédié, à chacun de vous, avec tout mon cœur.

Asma

Résumé

La valorisation des graines de *Cucumis melo* L., issues de coproduits agroalimentaires, s'inscrit dans une démarche innovante de développement de boissons végétales fonctionnelles. Dans cette étude, un lait végétal a été formulé à partir de pépins de melon broyés dans un rapport 1:3 (graines/eau), puis filtré mécaniquement.

L'analyse biochimique de la fraction soluble a révélé une composition intéressante : 5,3 g/L de protéines, 36,85 g/100 mL de lipides, un profil minéral de 1,65 %, et un pH légèrement acide (6,5), favorable à son utilisation comme substitut du lait animal.

Intégré à des formulations de glaces végétales, avec ou sans pulpe de melon, ce lait a démontré de bonnes propriétés physico-chimiques avec : un pH stable (6,3–6,5), une teneur en matière sèche (°Brix) croissante selon l'ajout de sucre ou de fruits (6 à 22) et l'émulsification naturelle satisfaisante, liée à sa richesse en protéines.

La présence de fibres et de lipides a renforcé la structure des glaces, offrant une texture agréable sans additifs d'origine animale. Ces résultats confirment que le lait végétal de pépins de melon représente une alternative prometteuse, fonctionnelle et durable pour la formulation de desserts glacés.

Mots clé : Lait végétale, grain de melon, paramètres physico-chimiques, glaces.

تُعدّ تثمين بذور *Cucumis melo L.*، الناتجة عن المنتجات الثانوية الزراعية الغذائية، نهجًا مبتكرًا لتطوير مشروبات نباتية وظيفية. في هذه الدراسة، تم تحضير حليب نباتي انطلاقًا من بذور البطيخ المطحونة بنسبة 3:1 (بذور/ماء)، ثم تمت تصفيته ميكانيكيًا. أظهرت التحاليل البيوكيميائية للجزء الذائب تركيبة مميزة: 5.3 غ/ل من البروتينات، 36.85 غ/100 مل من الدهون، نسبة معادن قدرها 1.65%، ودرجة حموضة (pH) شبه حمضية (6.5) مما يجعله مناسبًا كبديل للحليب الحيواني. عند إدراجه في وصفات المثلجات النباتية، سواء مع أو بدون لبّ البطيخ، أظهر هذا الحليب خصائص فيزيائية-كيميائية جيدة: درجة حموضة مستقرة (6.3 – 6.5)، محتوى مادة جافة (°Brix) متزايد حسب كمية السكر أو الفاكهة المضافة (من 6 إلى 22)، واستحلاب طبيعي مرضٍ بفضل غناه بالبروتينات. كما ساهم وجود الألياف والدهون في تعزيز بنية المثلجات، ما منحها قوامًا ممتعًا دون الحاجة إلى مضافات من أصل حيواني. تؤكد هذه النتائج أن الحليب النباتي المستخلص من بذور البطيخ يُعدّ بديلًا واعدًا، وظيفيًا ومستدامًا لصناعة الحلويات المثلجة.

الكلمات المفتاحية: الحليب النباتي، بذور البطيخ، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، المثلجات.

Abstract

The valorization of *Cucumis melo L.* seeds, derived from agro-food by-products, is part of an innovative approach to developing functional plant-based beverages. In this study, a plant milk was formulated by grinding melon seeds in a 1:3 (seeds/water) ratio, followed by mechanical filtration.

Biochemical analysis of the soluble fraction revealed a promising composition: 5.3 g/L of proteins, 36.85 g/100 mL of lipids, a mineral content of 1.65%, and a slightly acidic pH (6.5), favorable for its use as an alternative to animal milk. When incorporated into plant-based ice cream formulations, with or without melon pulp, this milk showed good physicochemical properties: a stable pH (6.3–6.5), increasing total soluble solids (°Brix) depending on the amount of added sugar or fruit (from 6 to 22), and satisfactory natural emulsification due to its high protein content. The presence of fibers and lipids enhanced the structure of the ice creams, providing a pleasant texture without the need for animal-based additives. These results confirm that melon seed plant milk is a promising, functional, and sustainable alternative for frozen dessert formulation.

Keywords: Plant-based milk, melon seeds, physicochemical properties, ice creams.

Sommaire

Liste des abréviations
Liste des tableaux
Liste des figures
Introduction

Partie I : Etude bibliographique

Le lait de melon et ses dérivés laitiers

1. Aperçu général sur le lait végétal	03
1.1. Définition des laits végétaux.....	03
1.2. Les types de laits végétaux.....	03
1.3. Avantages des laits végétaux pour la santé.....	04
1.4. Étapes de production du lait végétal.....	05
1.4.1. Torréfaction.....	06
1.4.2. Broyage à sec.....	06
1.4.3. Épluchage à l'aide d'acide	07
1.4.4. Trempage dans l'eau	07
1.4.5. Blanchiment	08
1.4.6. Broyage humide	08
1.4.7. Filtration	08
1.4.8. Ajout d'ingrédients.....	09
1.4.9. Fortification et enrichissement	09
1.4.10. Stérilisation.....	10
1.4.11. Homogénéisation.....	10
1.4.12. Conditionnement aseptique et stockage frigorifique.....	11
2. Le melon comme source de lait végétal	12
2.1. Description botanique des graines de melon	13
2.2. La valeur nutritionnelle et la composition chimique	14
2.3. Classification	15
2.3.1. Classification botanique	15
2.3.2. Classification variétale	15
2.3.3. Les principales catégories de melons	15
2.4. Les bienfaits des graines de melon.....	16

2.5. La production du melon	17
3. Valorisation des grains de melon	18
3.1. Applications dans l'industrie laitière	18
3.1.1. Poudre de lait de graines de melon.....	18
3.1.2. Beurre de graines de melon.....	18
3.1.2.1.Étapes de transformation.....	18
3.1.2.2. Composition nutritionnelle	19
3.1.2.3. Applications.....	19
3.1.2.4. Défis industriels.....	19
3.1.3. Fromages fermentés	19
3.1.3.1. Procédé de fabrication.....	20
3.1.3.2. Exemple industriel: Väckä.....	20
3.1.4. Yaourts et boissons fermentées.....	20
3.1.4.1. Perspectives industrielles.....	20
3.2. Applications dans l'alimentation animale.....	20
3.2.1. Composition nutritionnelle.....	20
3.2.2. Utilisations dans le domaine animale	21
3.3. Applications dans l'industrie cosmétique	21
3.3.1. Propriétés cosmétiques.....	21
3.3.2. Applications industrielles	21
4. Les glaces à base de lait végétal	21
4.1. Aperçu historique.....	21
4.2. Types de glaces véganes industrielles	23
4.2.1. Selon leur base végétale et leur profil nutritionnel.....	23
4.2.2. La technologie de formulation.....	23

Partie II : Etude expérimentale

Matériels et méthodes

1. Objectifs de l'étude	25
2. Présentation du site d'étude	25
3. Période d'étude	25

4. Matériel et Méthodes	26
4.1. Matériel	26
4.1.1. Matériel végétal.....	26
4.1.2. Procédure de préparation du lait de melon.....	26
4.2. Analyses physico-chimiques du lait végétal produit.....	27
4.2.1. Teneur en matière sèche(l'extrait sec total).....	28
4.2.2. Détermination de la teneur en cendres	28
4.2.3. Détermination de l'humidité	29
4.2.4. Détermination de la teneur en sucres (Le Brix)	30
4.2.5. Dosage des protéines	31
4.2.6. Teneur en des lipides	31
4.2.7. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)	33
4.2.8. Détermination de l'acidité titrable	33
4.2.9. Détermination de la densité	34
4.3. Analyses microbiologiques	34
4.3.1. Recherches et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile	34
4.3.2. Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	36
4.3.3. Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus	36
4.3.4. Recherches et dénombrement de moisissures et levures	37
4.4. Analyses physicochimiques des glaces à base de lait végétal de melon.....	38
4.4.1. Procédure de préparation des glaces.....	38
4.4.2. Détermination du pH.....	41
4.4.3. Détermination de la teneur en sucres (Brix).....	41
Résultats et discussions	
1. Caractéristiques physicochimiques du lait végétal de melon.....	42
1.1. PH et acidité.....	42
1.2. Densité	43
1.3. La teneur en sucres (Brix).....	43
1.4. L'humidité et Teneur en extrait sec total (EST)	45
1.5. Teneur en cendres	45
1.6. Teneur en protéines	46
1.7. La teneur en lipides	46

1.8. La stabilité.....	47
2. Caractéristiques microbiologiques du lait végétal de melon produit	47
3. Paramètres physicochimiques des glaces à base de lait produit	48
3.1. pH.....	48
3.2. Degré Brix (°Bx)	48
3.3. Qualité sensorielle.....	49

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des figures

N° de figure	Titre de figure	N° de page
Figure1	Organigramme pour la production d'un substitut de lait à base de plantes (Aydar <i>et al.</i> ; 2020)	12
Figure 2	Graines de melon jaune canari	14
Figure 3	Étapes de préparation du lait végétal à partir des pépins de melon	27
Figure 4	Détermination de l'EST	28
Figure 5	Détermination de la teneur en cendres	29
Figure 6	Détermination de taux d'humidité	30
Figure 7	Détermination de la teneur en sucres par réfractomètre	31
Figure 8	Étapes d'extraction des lipides par méthode de Folch	32
Figure 9	Détermination du potentiel hydrogène (pH)	33
Figure 10	Détermination de l'acidité titrable	34
Figure11	Préparation des dilutions et des milieux de culture	35
Figure12	Recherche de Flore totale aérobie mésophile	35
Figure13	Recherche des Coliformes totaux et fécaux	36
Figure14	Recherche de staphylococcus aureus	37
Figure15	Recherche de levures et moisissures.	38
Figure 16	Étapes de préparation et d'analyses physicochimiques des 3 échantillons des glaces	40
Figure 17	Détermination du pH des 3 échantillons des glaces	41
Figure 18	Détermination de la teneur en sucres pour les échantillons des glaces	41

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre de tableau	N° de page
Tableau 1	Composants fonctionnels des substituts végétaux de lait et leurs bienfaits sur la santé (Swati <i>et al.</i>; 2016).	05
Tableau 2	Valeur nutritionnelle et composition chimique de gaine de melon (Khalid <i>et al.</i>; 2021).	14
Tableau 3	Production de melon en Algérie (Chikhaoui, 2018)	17
Tableau 4	Production de melon par saison au niveau de la wilaya de Guelma (DSA, 2025)	18
Tableau 5	La formulation d'une glace à base du lait végétal des pépins de melon	39
Tableau 6	Résultats d'analyses physicochimiques pour 100ml du lait produit	42
Tableau 7	Résultats d'analyses microbiologiques du lait végétal de melon	48

Liste des abréviations

°Bx : Degrés Brix

Abs : absents

AINS : anti-inflammatoires non stéroïdiens

BSA : Albumine sérique bovine

DSA : direction des services agricoles

EST : extrait sec total

FMAT : Flore Mésophile Anaérobie Totale

FOS : fructo oligosaccharide

MDPI : Multidisciplinary Digital Publishing Institute

MS : matière sèche

NCBI : National Biotechnology Information

p/v : Poids par volume (une mesure de concentration exprimée en poids d'un constituant pour un volume total)

UFC : Unité Forme Colonies

UHT : ultra haute pression

v/v : Volume par volume

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Le lait de vache est depuis longtemps un pilier de l'alimentation humaine mondiale, reconnu pour sa richesse en macronutriments (protéines, lipides) et en micronutriments essentiels tels que le calcium et les vitamines (vitamine B12, vitamine D) (**Haug et al.; 2007**). Cependant, des préoccupations croissantes ont entraîné une demande accrue d'alternatives végétales. Parmi ces préoccupations figurent l'intolérance au lactose, qui touche une part significative de la population mondiale (**Lomer et al.; 2008**), les allergies aux protéines du lait de vache chez les nourrissons et les jeunes enfants (**Host, 2002**), ainsi que l'impact environnemental important de l'élevage intensif, notamment en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de consommation de ressources (**Scarborough, 2014**). Parallèlement, l'adoption de régimes alimentaires basés sur des choix éthiques liés au véganisme contribue également à la diversification du marché des boissons végétales (**Schösler et al. ; 2012**). Ce marché a d'ailleurs connu une croissance significative, avec des options bien établies comme le lait de soja, d'amande, d'avoine ou de riz (**Sethi et al.; 2016**).

Dans ce contexte, les graines de melon (*Cucumis melo L.*), souvent sous-valorisées et considérées comme des sous-produits de la transformation des fruits, émergent comme une source prometteuse pour le développement d'un nouveau lait végétal (**Akintoye et al.; 2011**). Des études ont montré que ces graines sont naturellement riches en lipides sains, notamment des acides gras insaturés (acide linoléique et acide oléique), en protéines de haute qualité avec un profil équilibré d'acides aminés essentiels, en minéraux essentiels tels que le magnésium, le potassium et le zinc, ainsi qu'en composés bioactifs aux propriétés antioxydantes (**Nyame et al.; 2009**). La valorisation de ces graines en lait végétal pourrait non seulement offrir une nouvelle option nutritive et fonctionnelle aux consommateurs, mais aussi contribuer à une économie circulaire en réduisant le gaspillage alimentaire et en optimisant l'utilisation des co-produits agricoles (**Fagbemi et al.; 1998 ; Lasekan et al.; 2020**).

Cette étude vise à explorer le potentiel du lait végétal de melon comme alternative viable au lait de vache. Nous nous proposons d'examiner sa composition nutritionnelle détaillée, ses propriétés physico-chimiques, ainsi que les méthodes optimales d'extraction et de stabilisation. L'objectif est d'évaluer dans quelle mesure le lait de melon peut se positionner comme une boisson

nutritive, durable et sensoriellement acceptable, capable de répondre aux attentes des consommateurs en quête de substituts laitiers, ainsi que sa valorisation dans les industries laitières.

Ce travail est structuré en deux parties complémentaires : une partie théorique et une partie expérimentale. La première partie comprend une introduction accompagnée d'une revue bibliographique portant sur la biologie de la plante, la composition physico-chimique de ses pépins, ainsi que sur le lait végétal et ses dérivés. La seconde partie est consacrée à la fabrication de lait végétal à partir de pépins de melon, suivie d'analyses physico-chimiques et de l'évaluation de la valeur nutritionnelle des pépins et du lait obtenu. Par ailleurs, nous examinons le potentiel d'intégration de ce produit dans l'industrie laitière végétale. Les résultats sont interprétés et discutés et enfin une conclusion.

Première partie

Partie bibliographique

Le lait de melon et ses dérivés laitiers

1. Aperçu général sur le lait végétal

1.1. Définition des laits végétaux

Les laits végétaux sont des boissons obtenues par la réduction de la taille des végétaux tels que les céréales, pseudo-céréales, légumineuses, oléagineux et fruits à coque. Leur transformation vise à reproduire l'aspect et la consistance du lait de vache, grâce à une homogénéisation supplémentaire qui permet de réduire la distribution granulométrique dans une plage de 5 à 20 μm (Swati *et al.*; 2016).

Les laits végétaux offrent des bénéfices nutritionnels importants. Contrairement au lait animal, qui contient du cholestérol, ces boissons sont riches en phytostérols, reconnus pour leurs effets positifs sur la santé cardiovasculaire. Ils contribuent également à l'apport en fibres et sont souvent enrichis en vitamines et minéraux.

Ces alternatives sont recommandées pour les personnes allergiques au lait animal, car elles ne contiennent ni lactose ni protéines de lait. Certains laits végétaux sont également sans gluten et sans fruits à coque, les rendant accessibles à un plus grand nombre de consommateurs (Gobbi *et al.*; 2019).

Cependant, un débat subsiste quant à leur classification : peut-on véritablement les considérer comme du lait ou doivent-ils être regroupés dans la catégorie des boissons végétales ? Par définition, le lait est un fluide riche en graisses et protéines, sécrété par les glandes mammaires des mammifères (vaches, brebis, chèvres), ce qui n'est pas le cas des laits végétaux, bien qu'ils soient commercialisés comme substituts du lait traditionnel (Saiet Vijaia, 2017).

1.2. Les types de laits végétaux

La classification des laits végétaux repose sur le type de matière première utilisée :

- À base de céréales : lait d'avoine, lait de riz, lait de maïs ;
- À base de légumineuses : lait de soja, lait d'arachide, lait de lupin ;
- À base de noix : lait d'amande, lait de coco, lait de noisette, lait de pistache ;
- À base de graines : lait de sésame, lait de lin, lait de tournesol ;
- À base de pseudo-céréales : lait de quinoa, lait de teff, lait d'amarante (Swati *et al.*; 2016).

1.3. Avantages des laits végétaux pour la santé

L'industrie des laits végétaux a connu une croissance remarquable au cours des dernières décennies, notamment en Amérique du Nord, alors que la consommation de lait de vache a diminué.

- Évolution de la consommation ;
- La consommation de lait animal par habitant au Canada était de 89,14 l ;
- En 2016, ce chiffre a chuté à 69,48 l (**Sebastian et al.; 2018**) ;
- Croissance du marché ;
- Les prévisions estiment que l'industrie des laits végétaux pourrait atteindre 28 milliards de dollars en ventes totales sur le marché de détail aux États-Unis d'ici 2021 (**Sebastian et al.; 2018**).

Cette forte demande s'explique par plusieurs facteurs :

- Une alternative pour les personnes allergiques au lait de vache ;
- Une option sans lactose, adaptée aux consommateurs souffrant d'intolérance au lactose ;
- Faible apport calorique, convenant aux régimes équilibrés ;
- Absence de cholestérol, limitant le risque d'hypercholestérolémie ;
- Présence de composants bioactifs, bénéfiques pour la santé.

Ainsi, les laits végétaux attirent de plus en plus de consommateurs souhaitant améliorer leur alimentation, en privilégiant des produits sains et durables (**Sebastian et al.; 2018**).

Tableau 1. Composants fonctionnels des substituts végétaux de lait et leurs bienfaits sur la santé (Swati *et al.*; 2016).

Type de lait	Composant bioactif	Avantages pour la santé
Lait de Soja	Isoflavones	Effet protecteur contre le cancer, les maladies cardiovasculaires et l'ostéoporose
	Phytostérols	Propriétés anti cholestérol
Lait d'arachide	Des composants phynoliques	Rôle protecteur contre les dommages oxydatifs et les maladies telles que les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux et divers cancers
Lait de riz	Phytostérols en particulier β -sitostérol et oryzanol	Abaisse le cholestérol, l'hypertension, des effets antidiabétiques, anti-inflammatoires, anti-oxydants
Lait d'avoine	B-glucane	Augmente la viscosité de la solution et peut retarder le temps de vidange gastrique, augmente le temps de transit gastro-intestinal qui sont associés à leur taux du glucose sanguin réduit, effet hypocholestérolémiant en réduisant le cholestérol total et LDL
Lait de sésame	Les lignanes comme la sésamine, sésamoline et le sésaminol	Propriétés neutralisantes tel qu'antioxydant, activités hypocholestérolémiants, anti cancérogènes, antitumorales et antivirales.
Lait d'amande	Alpha-tocophérol	Puissant antioxydant qui joue un rôle essentiel dans la protection contre les réactions radicalaires.
	Arabinose	Propriété prébiotique

1.4. Étapes de production du lait végétal

Il existe plusieurs méthodes pour produire des substituts végétaux du lait, issus de céréales, graines et fruits à coque. Ces procédés ont plusieurs étapes communes, illustrées dans l'organigramme général dédié à la production des oléagineux, céréales et substituts végétaux du lait (**Fig. 1**).

Tableau 1, présente les différentes étapes pouvant être appliquées pour la production de chaque substitut végétal du lait.

Les matières premières, telles que la noix de coco, l'arachide, le soja, la noix et la noix de cajou, peuvent être fournies décortiquées ou non décortiquées. Si elles ne le sont pas, l'une des méthodes de décorticage consiste à tremper les graines dans de l'eau chaude (**Manzoor *et al.*; 2017**).

Après le décorticage, les matières premières fraîches nécessitent un séchage (**Kohli et al.; 2017**).

- **Cas particuliers**

- Si la matière première est déjà séchée, elle suit directement les processus de torréfaction ou de broyage à sec.
- Si elle est fraîche et non décortiquée, elle doit être séchée avant transformation.

Dans la **Figure 1**, certaines matières premières ne nécessitent pas de séchage, comme les amandes et les cacahuètes vendues sur les marchés.

Enfin, le broyage à sec permet d'obtenir une poudre fine sans ajout d'eau (**Aydar et al.; 2020**).

1.4.1. Torréfaction

Le processus de torréfaction est appliqué aux substituts de lait d'arachide, d'amande, de noisette, de sésame et de céréales.

- **Avantages**

- Améliore la stabilité de l'émulsion et la solubilité des protéines.
- Préserve l'activité antioxydante et améliore la couleur et le goût du produit final (**Arccjournals.com, 2021**).
- Désactive les enzymes responsables de l'amertume, comme l'alipoxygénase et les inhibiteurs de trypsine, notamment dans le soja chauffé à 100°C.
- Facilite le broyage, améliore l'arôme, stabilise le produit, réduit l'acidité et le goût crayeux (**FAO, 1994**).

1.4.2. Broyage à sec

Le broyage à sec est une alternative au broyage humide, bien que moins couramment utilisé.

- Exemple

- Un substitut de lait d'amande breveté a été obtenu par broyage à sec d'amandes grillées (**Makinen et al.; 2016**).

1.4.3. Épluchage à l'aide d'acide

L'épluchage des graines peut être effectué avec des solutions acides, telles que l'acide citrique.

- Méthode appliquée à:

- Sésame, noix, souchets et noix du Brésil.
- Trempage en eau seule possible, mais temps de traitement plus long.

- Comparaison des temps d'épluchage :

- Eau seule: 18 à 20 heures ;
- Acide citrique 2 % à 90°C : Pelage en 2 à 3 minutes (**Maghsoudlou et al.; 2015**).

Le produit doit être soigneusement rincé après traitement pour éliminer toute trace acide.

- Objectifs du procédé :

- Élimination des pellicules et coques (ex : soja).
- Amélioration du goût et de la digestibilité (**Kamal-Eldin et al.; 2009**).

1.4.4. Trempage dans l'eau

Le trempage est une étape essentielle pour les matières premières suivantes :

- Soja, noisettes, riz, amandes, souchets, céréales, graines de sésame, cacahuètes.

- Effets du trempage :

- Ramollit les graines et céréales, facilitant leur transformation.
- Réduit le temps de blanchiment (**Padma et al.; 2018**).
- Diminue les anti-nutriments, comme les inhibiteurs de trypsine.

- Améliore l'extraction des protéines grâce à un trempage à 55-60°C (**Okaforet *al.*; 2018**).

1.4.5. Blanchiment

Le blanchiment est appliqué aux graines et céréales pour désactiver les enzymes et réduire la charge microbienne.

- Température recommandée: 80 à 100°C (**Sethi *et al.*; 2016**).

- Avantages :

- Diminution des micro-organismes.
- Élimination des saveurs indésirables (exemple : lipoxygénase dans le lait de soja).
- Amélioration de la qualité sensorielle du lait végétal(**FAO, 1994**).

- **Alternative** : Cuisson à la vapeur, qui augmente le rendement en solides et en protéines (**Quasem *et al.*; 2009**).

1.4.6. Broyage humide

Le broyage humide est appliqué aux noix tigrées, soja, noix de coco, noix de cajou, noisettes, graines de chanvre, niébé, amandes, noix et arachides.

- Facteurs influençant la qualité du lait végétal :

- Quantité d'eau ajoutée.
- Température et pH de broyage.
- Type de broyage et débit d'alimentation (**Seow et Gwee, 1997**).
- Ratio eau / graines utilisé : 10 :1(**Jeong *et al.*; 2003**).

1.4.7. Filtration

La filtrationest essentielle pour séparer le tourteau de la matière broyée, permettant d'obtenir une boisson homogène.

- Types de filtres utilisés :

- Étamine à double couche.
- Mousseline (25 µm), tamis (150 mailles).
- Filtration manuelle, centrifugation ou ultrafiltration (**Wong et al.; 2020**).

1.4.8. Ajout d'ingrédients

Dans les applications industrielles, plusieurs ingrédients stabilisants sont ajoutés :

- Lécithine de tournesol.
- Gomme de caroube et gomme gellane (améliorent la stabilité physique).
- Acide ascorbique (antioxydant).
- Gomme xanthane (épaissit le lait de noisette) (**Bernat et al.; 2014**).

- **Autres ajouts :**

- Vanille, cacao, édulcorants naturels.
- Huile végétale (tournesol, olive) pour améliorer l'aspect soyeux (**Pineli et al.; 2015**).

1.4.9. Fortification et enrichissement

La teneur en protéines, vitamines et minéraux est un critère essentiel pour les consommateurs préférant les substituts végétaux du lait au lait de vache.

- **Augmentation de la teneur en protéines :**

- La quantité de protéines peut être optimisée en augmentant la proportion de graines utilisées.
- La combinaison de différentes matières premières améliore la teneur protéique globale et les propriétés sensorielles du produit (**Sethi et al.; 2016**).
- L'utilisation de matières premières à haute teneur en protéines, comme les lentilles, permet de rapprocher les caractéristiques sensorielles du lait végétal de celles du lait de soja (**Jeske et al.; 2019**).

- **Enrichissement en vitamines et minéraux :**

- Le produit peut être complété par l'ajout de calcium, vitamines A, B1, B2, B12, D2 et E.

- L'utilisation de tri citrate de calcium augmente la teneur en calcium du produit final (Sethi *et al.*; 2016).

1.4.10. Stérilisation

Le traitement thermique joue un rôle crucial dans :

- L'élimination des micro-organismes pathogènes.
- L'allongement de la durée de conservation.
- Le maintien d'une qualité optimale du produit.
- **Types de stérilisation :**
 - Pasteurisation
 - Stérilisation classique
 - Stérilisation ultra-élevée (UHT) (Khuenpet *et al.*; 2016)
- **Température et durée du procédé :** 121°C pendant 15 à 20 minutes.

Bien qu'il n'existe pas encore d'étude approfondie sur la stérilisation des substituts végétaux du lait, une méthode non thermique, la microfiltration, peut être utilisée pour éliminer les micro-organismes et prolonger la conservation du produit.

1.4.11. Homogénéisation

L'homogénéisation est essentielle pour optimiser la stabilité physique du produit final (Bernat *et al.*; 2015).

- **Techniques utilisées :**
 - Basse pression ;
 - Haute pression ;
 - Ultra haute pression.
- **Impact sur le produit :**
 - Amélioration de la stabilité.
 - Augmentation de la clarté et de l'indice de blancheur.

- Réduction de la taille des particules, améliorant la texture du produit.

- Limites :

- L'homogénéisation n'a pas d'impact sur la viscosité ni sur la stabilité des protéines.
- Une pression excessive peut augmenter la température du produit, modifiant certaines propriétés sensorielles (**Gul et al.; 2018**).

1.4.12. Conditionnement aseptique et stockage frigorifique

Pour assurer une conservation optimale et maintenir la qualité du produit, le conditionnement doit être réalisé sous atmosphère aseptique, suivi d'un stockage contrôlé.

- Conditions de stockage :

- +4°C pendant 12 à 30 jours pour les produits pasteurisés.
- Température ambiante pendant 90 à 170 jours pour les produits stérilisés ou UHT, selon le traitement et le type d'emballage (**ResearchGate, 2021**).

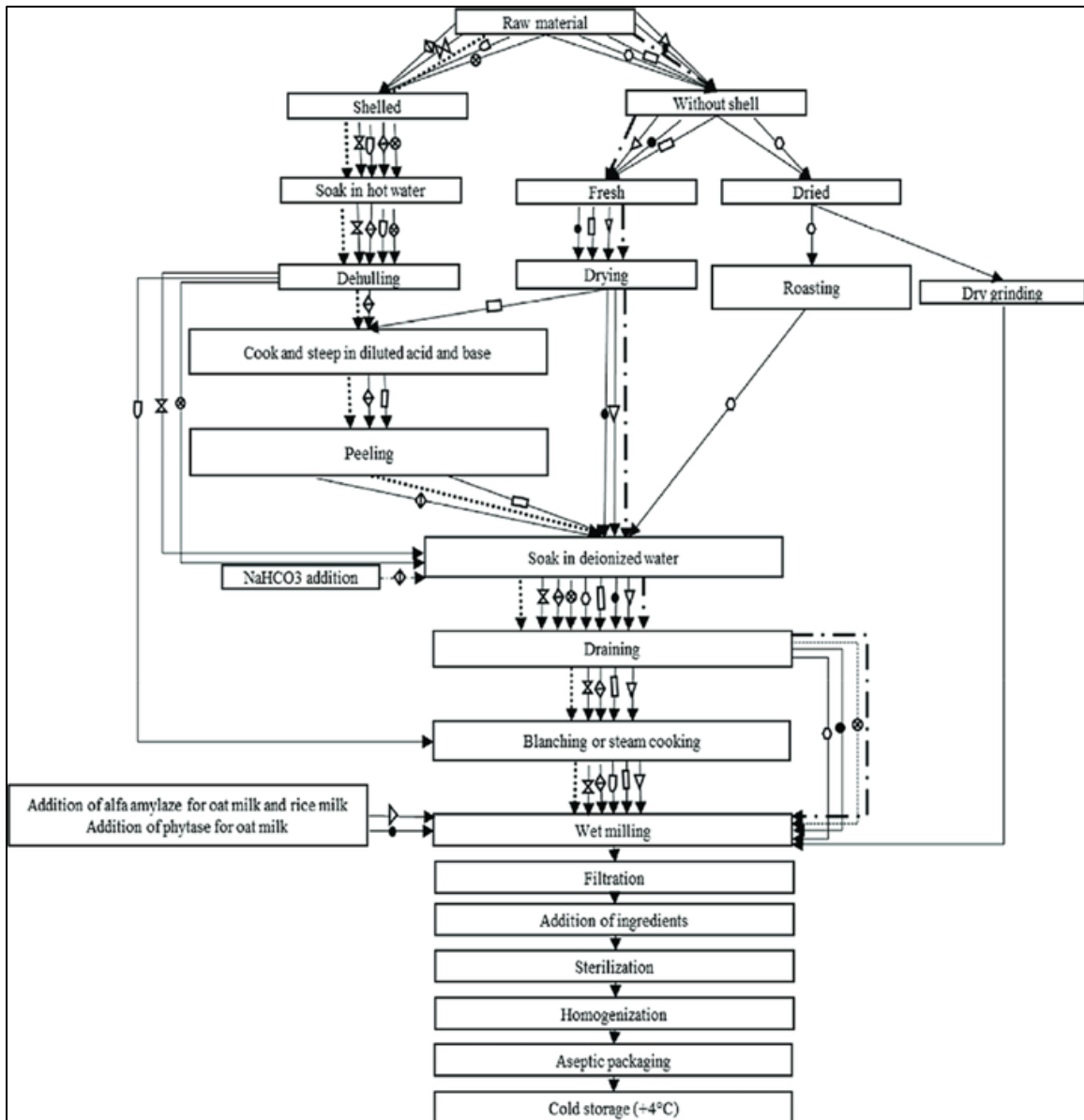


Figure 1. Organigramme pour la production d'un substitut de lait à base de plantes (Aydar *et al.*; 2020)

2. Le melon comme source de lait végétal

Le melon (*Cucumis melo* L.), est un fruit largement cultivé à l'échelle mondiale. Cependant, ses graines, considérées comme un sous-produit de la chaîne agroalimentaire, sont rarement valorisées.

- **Vers une valorisation durable** : Actuellement, les stratégies de valorisation des graines de melon suscitent un intérêt croissant, notamment dans le cadre des

initiatives liées à l'économie circulaire et aux objectifs de développement durable des Nations Unies.

Ce sous-produit présente un fort potentiel économique et nutritionnel, pouvant être réutilisé et réintroduit dans la chaîne alimentaire (**Guoqiang et al.; 2024**).

2.1. Description botanique des graines de melon

Les graines de melon sont caractérisées par :

- Une couleur jaunâtre.
- Une forme plate et ellipsoïdale (**Babouhoun, 2016**).
- **Dimensions :**
 - 5 à 20 mm de long ;
 - 8 à 12 mm de large ;
 - 2 à 3 mm d'épaisseur.
- **Structure interne :**
 - Extrémité amincie formant un goulot incliné, correspondant à la zone de l'huile et du micropyle.
 - Tégument externe, enveloppant une amande riche en substances de réserve (notamment en globules lipidiques).
 - **Présence d'un embryon** comprenant :
 - Une radicule courte.
 - Deux cotylédons charnus.

En moyenne, la graine est composée de :

- 25 à 30 % de tégument.
- 70 à 75 % d'amande, qui constitue le siège principal de l'activité physiologique (**Yahi et Bensidhoum, 2022**).



Figure 2. Graines de melon jaune canari

2. 2. La valeur nutritionnelle et la composition chimique

Le tableau ci-dessous présente la valeur nutritionnelle et les composants chimiques des graines de melon.

Tableau 2. Valeur nutritionnelle et composition chimique de gaine de melon (Khalid et al.;2021).

Composant	Valeur (pour 100g)
Energie	601,7%
Protéine brute	27,41%
Lipide brute	30,65%
Fibre brute	23,3%
Humidité	7,16%
Cendre	4,86%
Glucide	18,69%
Phénolique	12,46mg
Antioxydant	34,7mg
Composés bioactifs	Tocophérols, phospholipides, stérols.

2. 3. Classification

2.3.1. Classification botanique (IDRIS, 2019)

Règne Plantae

Sous-règne Tracheobionta

Division Magnoliophyta

Classe Magnoliopsida

Sous-classe Dilleniidae

Ordre Violales

Famille Cucurbitaceae

Genre Cucumis

Espèce *Cucumis melo* L. 1753.

2.3.2. Classification variétale (Chikhaoui, 2018)

Tous les melons appartiennent à la même espèce, *Cucumis melo* L. Cependant, plusieurs variétés se distinguent par des caractéristiques régulières et stables, notamment :

- Le nom du fruit ;
- La forme du fruit (ronde, allongée, sphérique) ;
- La taille et le poids ;
- La couleur de l'écorce (jaune, verte, jaune orangée).
- La couleur de la chair.

2.3.3. Les principales catégories de melons

a. Melon d'été (*C. melo* var. *cantalupensis*)

- Véritable cantaloup, de calibre variable, avec un poids moyen de 0,5 à 1,5 kg.
- Écorce lisse, parfois marquée de légères broderies ou verrues, de couleur vert clair jaunissant à maturité.
- Chair orangée, sucrée, juteuse et très parfumée, avec un arôme caractéristique.

b. Melon d'hiver

Ces melons ont une meilleure capacité de conservation et comprennent notamment : Melon jaune Canari (ou melon brésilien) :

- Fruit allongé, pesant 2 à 3 kg en moyenne.
- Écorce lisse de couleur jaune vif.
- Chair blanchâtre, sucrée, teintée de rose près de la cavité centrale, très parfumée à maturité.

c. Melon Honeydew

- Fruit sphérique, à écorce lisse blanc-gris, de gros calibre (~2 kg).
- Chair verdâtre, sucrée, mais non parfumée.

2.4. Les bienfaits des graines de melon

Les *graines de melon* (*Cucumis melo L.*) suscitent un intérêt croissant en raison de leur composition nutritionnelle riche et de leurs multiples effets bénéfiques sur la santé.

- **Principales propriétés thérapeutiques (Khalid *et al.*; 2021) :**

- **Activité anti-inflammatoire** : Grâce à leur richesse en composés phénoliques et flavonoïdes, les graines inhibent la production de cytokines pro-inflammatoires telles que IL-6 et TNF- α .
- **Activité antibactérienne** : Due à la présence d'huiles essentielles et de substances antimicrobiennes naturelles efficaces contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives.
- **Activité anti-ulcéreuse** : Les antioxydants présents protègent la muqueuse gastrique contre les lésions causées par le stress oxydatif et les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS).
- **Activité antithyroïdienne** : Les extraits riches en antioxydants peuvent augmenter les niveaux des hormones thyroïdiennes T3 et T4.
- **Activité anti-angiogénique** : Grâce aux inhibiteurs de trypsine, les graines limitent la formation de nouveaux vaisseaux sanguins (*angiogenèse*).

- **Activité antidiabétique** : Les composés inhibiteurs de l'alpha-amylase et de l'alpha-glucosidase aident à réguler la glycémie.
- **Activité anti-dyslipidémique** : Les flavonoïdes modulent le métabolisme lipidique, réduisant les concentrations de cholestérol et de triglycérides.
- **Activité anti-adipogénique** : Les composés phénoliques empêchent l'accumulation des lipides dans les adipocytes, limitant ainsi le stockage des graisses.
- **Activité anticancéreuse** : Grâce à la présence de polyphénols (tanins hydrolysables, acides phénoliques et flavonoïdes), les graines protègent l'ADN, réduisent les mutations et ralentissent la prolifération tumorale.

2.5. La production du melon

Le melon est une culture maraîchère majeure en Algérie, représentant environ 12 % des superficies cultivées et 8,5 % de la production totale du maraîchage.

- Répartition régionale :

- Cultivé dans presque toutes les régions irriguées, avec des pôles majeurs à :
- Biskra, Borj Menaiel, Annaba, Tébessa, Sidi Bel Abbès et Skikda (**Abia et Dahmoune, 2021**).

- Variabilité des rendements :

- Rendements fluctuant selon les régions :
- Entre 17 390 et 115 145 quintaux par hectare dans la wilaya de Guelma entre 2020 et 2024.

Tableau 3. Production de melon en Algérie (Chikhaoui, 2018).

Régions	Biskra	Borj Menaiel	Annaba	Tébessa	Sidi Bel Abbes	Skikda
Quantités (Qx)	210 000	158 000	109 000	66 000	65 000	58 000

Tableau 4. Production de melon par saison au niveau de la wilaya de Guelma (DSA, 2025)

Saison	2019- 2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Superficie (Ha)	355	348	211	76	264
Production (Qx)	111650	115145	96650	17390	85500

3. Valorisation des graines de melon

3.1. Applications dans l'industrie laitière

Le lait végétal de melon, extrait des graines de melon, suscite un intérêt croissant dans l'industrie laitière végétale, en raison de ses propriétés nutritionnelles, fonctionnelles et environnementales remarquables.

3.1.1. Poudre de lait de graines de melon

La poudre de lait de graines de melon est produite dans le but de développer un lait végétal alternatif. Une étude publiée dans le **Journal of Food Science and Technology(2016)** a démontré que la poudre obtenue par séchage par pulvérisation permet de prolonger la conservation et d'élargir les possibilités d'utilisation. Elle présente une bonne solubilité et une faible activité de l'eau, ce qui la rend particulièrement adaptée à la formulation de boissons instantanées.

3.1.2. Beurre de graines de melon

Le beurre de graines de melon (*Citrullus lanatus* var.) est fabriqué à partir de graines issues de fruits souvent considérés comme sous-produits agricoles.

3.1.2.1. Étapes de transformation (Sahin et al.; 2022)

- Nettoyage et séchage : humidité réduite à moins de 10 % ;
- Torréfaction : réalisée entre 120-150 °C pendant 10-15 minutes, permettant d'améliorer la saveur et de faciliter l'extraction des lipides (Adeyeye et al.; 2014) ;
- Décorticage (facultatif) : élimine les coques et optimise la texture ;

- Broyage mécanique : transforme les graines en pâte homogène, pouvant être homogénéisée avec des ingrédients(sel, édulcorants naturels, stabilisants) avant conditionnement.

3.1.2.2. Composition nutritionnelle (Sahin *et al.*; 2022)

- Protéines : 20-25 % ;
- Lipides : 50-60 %principalement des acides gras insaturés comme acide linoléique (oméga-6) et acide oléique (oméga-9) (**Mohammed et Hamza, 2021**);
- Fibres alimentaires : 2-3 % ;
- Minéraux : calcium, fer, potassium, magnésium ;
- Vitamine E : Antioxydante et stabilisante.

3.1.2.3. Applications

- Alimentation humaine: Alternative aux beurres classiques (*arachide, sésame*), adaptée aux personnes allergiques aux fruits à coque (**Sahin *et al.*; 2022**) ;
- Industrie agroalimentaire : ingrédient dans barres énergétiques, biscuits, produits sans gluten ou végétaliens ;
- Marché fonctionnel : Répond aux besoins en aliments santé et végétaux (**Patel *et al.*; 2025**)

3.1.2.4. Défis industriels

- Oxydation lipidique : Nécessite une conservation sous atmosphère protectrice (**Jorge *et al.*; 2015 ; MDPI Research Group, 2023**) ;
- Standardisation : Variabilité des caractéristiques selon les variétés ;
- Échelle industrielle : production encore expérimentale ou artisanale, nécessitant investissements

3.1.3. Fromages fermentés

Les fromages fermentés à base de lait végétal de melon représentent une innovation récente dans le secteur des alternatives végétales.

3.1.3.1. Procédés de fabrication

- Extraction du lait de graines de melon ;
- Fermentation avec ferments lactiques spécifiques pour développer la texture et les arômes ;
- Affinage à basse température.

3.1.3.2. Exemple industriel : Väckä (Food Navigator, 2023) ;

- Utilisation du lait fermenté de graines de melon ;
- Réduction de l'impact environnemental par rapport aux alternatives à base d'amandes ;
- Réduction de 99,1 % de la consommation d'eau, 98,7 % de l'utilisation des sols, 91,8 % des émissions de CO₂ ;
- Diminution de 73,6 % des graisses saturées.

3.1.4. Yaourts et boissons fermentées

- Lait de graines de melon incorporé aux yaourts améliore la composition nutritionnelle (MDPI, 2022) ;
- Boissons fermentées à base de melon améliorent profil sensoriel, valeur nutritive et sécurité microbiologique (NCBI, 2019) ;
- Produits innovants comme la "melonade", comparable à un kéfir de fruits.

3.1.4.1. Perspectives industrielles

- Optimisation de la production ;
- Évaluation des normes de sécurité à grande échelle.

3.2. Applications dans l'alimentation animale

Les graines de melon (*Cucumis melo*) sont un sous-produit agro-industriel intéressant pour l'alimentation du bétail.

3.2.1. Composition nutritionnelle (Akinola *et al.*; 2020)

- **Protéines brutes** : 25-35 % ;

- **Lipides** : 40-45 %, principalement acides gras insaturés.
- **Fibres** : 10-15 %.
- **Minéraux** : calcium, phosphore, magnésium (**Fru et al. ; 2017**).

3.2.2. Utilisations dans le domaine animale

- **Bovins** : inclusion de coques de melon (jusqu'à 10 %) améliore la croissance (**Wuanor et al ; 2018**) ;
- **Ovins** : déchets de melon ensilés augmentent la digestibilité (**Kazemi et al.; 2020**) ;
- **Volaille** : farine de graines chauffée améliore la digestibilité des protéines (**Ogbe et George, 2012**).

3.3. Application dans l'industrie cosmétique

3.3.1. Propriétés cosmétiques (OCL, 2020)

- Hydratation et nutrition : nourrit la peau sèche, fortifie les cheveux cassants ;
- Antioxydant : protège contre UV et pollution, limite vieillissement cutané ;
- Non comédogène : pénètre rapidement sans laisser de film gras.

3.3.2. Applications industrielles

- Soins hydratants, masques, huiles quotidiennes, émulsions avancées ;
- Cosmétiques naturels, notamment issus du melon du Kalahari ;
- Production durable, limitant gaspillage agricole.

4. Les glaces végétales à base de lait de pépins de melon

4.1. Aperçu historique

La fabrication de glaces végétales connaît un essor important grâce à l'évolution des habitudes alimentaires et à la demande croissante de produits sans lactose, sans œufs ni ingrédients d'origine animale. Parmi les bases alternatives explorées, le *lait végétal extrait des graines de melon jaune* (*Cucumis melo L.*) représente une option innovante, durable et fonctionnelle.

Ce lait est obtenu par broyage des graines avec de l'eau (souvent dans un rapport 1:3), suivi d'une filtration. Il est riche en protéines (20 à 30 % dans la graine sèche), en acides

gras insaturés (principalement linoléique), en fibres et en composés phénoliques (**Yadav et al.; 2022 ; Ibrahim et al.; 2021**).

Les graines de melon, longtemps considérées comme un sous-produit non valorisé, ont démontré leur potentiel fonctionnel dans l'alimentation humaine, notamment pour les émulsions. En effet, leurs protéines possèdent des propriétés tensioactives naturelles, favorisant la stabilité des systèmes dispersés, comme les glaces ou les boissons enrichies (**Sosulski et al.; 1985 ; Singh et al.; 2020**). Ainsi, le lait de pépins de melon joue un double rôle, à la fois nutritionnel et technologique (stabilité, texture).

Dans le cadre de la formulation de glaces végétales, ce lait peut être combiné à de la purée de melon jaune, à des huiles végétales (huile de coco ou huile de tournesol), à des stabilisants naturels (gomme xanthane ou gomme guar) et à des édulcorants naturels, tels que le sirop de datte ou le sucre de coco (**PlantFood for Human Nutrition, 2024**).

Une formulation contenant 50 % de lait de coco, 11 % de sirop de datte et 5,8 % de fructo-oligosaccharides (FOS) a permis d'obtenir une glace stable, onctueuse et sensoriellement acceptable, tout en présentant une activité antioxydante significative (**Rahman et al.; 2024**). Il est envisageable de remplacer partiellement le lait de coco par le lait de melon pour obtenir une formulation similaire.

Sur le plan sensoriel, les produits glacés à base de fruits riches en eau, comme le melon, offrent une fraîcheur agréable, mais nécessitent une maîtrise des paramètres de fonte et de texture. L'ajout de protéines végétales (pois, riz) peut améliorer la stabilité et l'onctuosité.

Par ailleurs, l'utilisation d'extraits riches en polyphénols issus des graines de melon confère à la glace une valeur fonctionnelle supplémentaire, notamment en matière de protection antioxydante, ce qui peut constituer un atout marketing important (**Mehmood et al.; 2023**).

D'un point de vue environnemental, l'exploitation des graines de melon s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire, limitant les pertes agricoles et permettant la création de nouveaux produits à haute valeur ajoutée. La valorisation de ces sous-produits agroalimentaires est encouragée par les institutions internationales, telles que la FAO, dans le cadre des objectifs de développement durable (**FAO, 2021**).

4.2. Types de glaces véganes industrielles

Les glaces végétaliennes industrielles sont variées et se distinguent principalement par leur base végétale, leur profil nutritionnel et leur technologie de formulation.

4.2. 1. Selon leur base végétale et leur profil nutritionnel

La base végétale est un facteur clé, influençant la texture, la valeur nutritionnelle et l'acceptabilité sensorielle du produit. Les bases les plus couramment utilisées dans l'industrie sont les laits végétaux issus du soja, de l'amande, de l'avoine, du riz ou de la noix de coco. Ces matrices permettent de recréer la texture crémeuse des crèmes glacées classiques, grâce à leur teneur en protéines et/ou en lipides (**Sethi et al.; 2016**).

D'autres glaces sont fabriquées à partir de fruits ou de purée de fruits, notamment dans les sorbets. Ces produits, essentiellement composés d'eau, de sucres naturels et d'arômes fruités, conviennent parfaitement aux formulations sans matières grasses. Toutefois, selon **Bolenz et Weidner (2020)**, ces produits, bien qu'agréables en bouche, nécessitent l'ajout de fibres ou de gommes pour améliorer leur texture, en raison de l'absence de phase grasse.

Une autre catégorie croissante est celle des glaces à base de graines ou de noix, comme le cajou, les graines de tournesol ou de sésame. Ces matrices offrent à la fois des protéines et des lipides naturels, permettant de limiter les additifs tout en maintenant une bonne onctuosité. D'après **Akalin et al.,(2022)**, ces bases sont également intéressantes pour leur potentiel fermentescible, ouvrant la voie aux glaces végétales fermentées, qui allient goût, texture et bénéfices probiotiques.

4.2.2. La technologie de formulation

L'industrie exploite diverses approches pour simuler la structure des crèmes glacées classiques. **Bolenz et Weidner (2020)** rapportent l'utilisation d'émulsions complexes, mêlant protéines végétales (ex. pois) et huiles végétales (ex. coco) pour créer des glaces à structure simulée, imitant la matrice air-graisse-eau des crèmes glacées traditionnelles.

Les glaces enrichies en protéines végétales (pois, soja, riz) répondent à une demande croissante pour des produits nutritionnellement optimisés (**Akalin et al.: 2022**).

Le recours à des additifs fonctionnels est crucial dans la formulation industrielle. Les épaississants, comme la gomme guar, la gomme xanthane ou les carraghénanes, sont utilisés pour stabiliser la texture et éviter la formation de cristaux de glace. **Sethi et al.,(2016)** soulignent l'importance des émulsifiants, tels que la lécithine de tournesol ou les mono-/diglycérides, pour stabiliser la mousse glacée.

De plus, des édulcorants alternatifs (érythritol, inuline, stévia) sont utilisés dans les glaces sans sucre ou à indice glycémique bas, afin de répondre aux besoins nutritionnels spécifiques de certaines populations (**Bolenz et Weidner, 2020**).

Enfin, l'émergence des glaces véganes fermentées, fabriquées à partir de yaourts végétaux (ex. soja fermenté), est documentée par **Akalin et al., (2022)**. Ce procédé permet d'améliorer la texture et la digestibilité, tout en apportant des saveurs lactées naturelles.

Ces innovations marquent une tendance vers des produits à la fois gourmands et fonctionnels, parfaitement positionnés sur le marché de la santé et du bien-être.

Deuxième partie

Partie expérimentale

Matériels et Méthodes

1. Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est de développer un lait végétal à base de graines de melon, en suivant un protocole rigoureusement défini, inspiré d'une étude antérieure. Ce travail vise à analyser la composition physico-chimique du lait obtenu ainsi que ses propriétés biologiques. Par ailleurs, cette étude cherche également à :

- Évaluer les propriétés nutritionnelles du lait végétal.
- Identifier les bénéfices potentiels pour la santé.
- Optimiser les paramètres de fabrication afin d'améliorer la qualité du produit final.

2. Présentation du site d'étude

Notre investigation s'est déroulée dans deux sites à savoir :

- **La Laiterie Edough Annaba**, également connue sous le nom de LEA (ex-ORLAIT), est une entreprise sociale spécialisée dans la production et la commercialisation des produits laitiers qui se situe à El-Bouni, au sud de la wilaya d'Annaba. Elle dessert plusieurs régions de l'Est Algérien notamment Guelma, El-Taref, Souk-Ahras et Skikda. La laiterie propose une gamme variée des produits laitiers (lait pasteurisé en sachets, lait fermenté et le lait de vache) conforme aux normes d'hygiène.
- **Laboratoire pédagogique de la Faculté de SNV-STU de l'Université de 8 Mai 1945 Guelma**, équipé de matériel d'analyse nécessaire pour réaliser les analyses physico-chimiques suivantes : l'humidité, les taux de cendres, pH, dosage dessucres, protéines, les lipides et l'acidité titrable.

3. Période d'étude

Cette étude s'est étendue du 05 avril jusqu'à 05 juin 2025 soit une durée totale de 2 mois en raison de la saisonnalité du melon. Elle s'est déployée en plusieurs étapes :

- Préparation des échantillons : La collecte et conditionnement des pépins de melon sur une durée d'une semaine ;
- Prétraitement et conservation : Broyage des graines, filtrage du lait de melon et conservation à froid à +4°C, les échantillons pendant une durée de 3 à 5 jours ;

- Analyse : La réalisation des analyses physico-chimiques en laboratoire, incluant la détermination de taux d'humidité, du pH, le taux de cendres, taux de sucres, taux de protéines, des lipides et de l'acidité titrable ainsi que les analyses microbiologiques sur une période de 20 jours.
- Élaboration d'un produit dérivé à base de lait végétal de melon (glace végétale) sur une période de 7 jours.
- Traitement et interprétation des résultats : analyses des données, discussion et rédaction du rapport d'étude (15 jours).

4. Matériel et Méthodes

4.1. Matériel

4.1.1. Matériel végétal

Dans cette étude, nous utilisons des *graines de melon (Cucumis melo L.)*, caractérisées par :

- Une forme aplatie, ovale à elliptique, avec parfois une extrémité légèrement pointue.
- Une surface lisse, de couleur jaunâtre.

Les graines sont naturellement riches en :

- Huiles (notamment en acides gras insaturés) ;
- Protéines et fibres alimentaires ;
- Vitamines (*notamment la vitamine E*) ;
- Minéraux essentiels (*magnésium, potassium, zinc*).

Ces caractéristiques font des graines de melon un ingrédient intéressant pour la formulation d'un lait végétal aux propriétés nutritionnelles bénéfiques.

4.1.2. Procédure de préparation du lait de melon

La préparation du lait végétal à base de graines de melon suit un protocole précis suivant :

1. Sélection du melon : Choix d'un melon frais et mûr ;
2. Nettoyage de l'écorce : Lavage soigneux pour éviter toute contamination ;

3. Extraction des graines : Retrait manuel des graines, suivies d'une pesée pour déterminer le volume d'eau nécessaire ;
4. Hydratation et mélange : Ajout d'eau dans un ratio de 1/3 (graines/eau) en masse/volume afin d'obtenir une suspension homogène.
5. Filtration : Passage du mélange à travers une étamine pour séparer la fraction liquide (lait végétal) des résidus solides (Okara des graines) ;
6. Homogénéisation (*si nécessaire*) : Utilisation d'un homogénéisateur à haute pression pour assurer une distribution uniforme des graisses ;
7. Stockage : Le lait végétal obtenu est réfrigéré à environ 4°C avant l'analyse.

Cette procédure garantit une extraction optimale et une meilleure qualité du lait végétal obtenu.



Figure 3. Étapes de préparation du lait végétal à partir des pépins de melon

4.2. Analyses physico-chimiques

Des analyses ont été réalisées pour déterminer les teneurs en :

- Matière sèche ;
- Humidité ;
- Sucres ;
- Protéines ;
- Lipides ;
- Cendres.

4.2.1. Teneur en matière sèche (Extrait Sec Total)

La teneur en matière sèche est déterminée par méthode gravimétrique, qui consiste à chauffer l'échantillon dans une étuve à 105°C pendant une durée précise de 24 heures.

- **Formule de calcul**

$$MS\% = (P2 - P0) \div (P1 - P0) \times 100$$

Où :

- **P0** = Poids du verre de montre vide ;
- **P1** = Poids du verre de montre rempli avec 1 ml ou 10 ml de lait avant séchage ;
- **P2** = Poids du verre de montre après séchage.



Figure 4. Détermination de l'Extrait Sec Total

4.2.2. Détermination de la teneur en cendres

Selon la méthode décrite par **Bangood (1984)** ; Un volume connu de 10 ml de lait végétal est placé dans des creusets en porcelaine, préalablement séchés à l'étuve. Les échantillons sont ensuite minéralisés dans un four à moufle à 500°C pendant 4 heures, jusqu'à obtention de cendres blanches ou grises.

Après la minéralisation :

- Les creusets sont refroidis dans un dessiccateur.
- Ils sont ensuite pesés avec précision afin d'évaluer les résidus solides obtenus.

Les cendres obtenues sont dissoutes dans 25 ml d'acide chlorhydrique (0,5N), puis le volume est complété à 50 ml avec de l'eau distillée. Les dosages analytiques ont été réalisés sur le filtrat issu de cette extraction acide à froid.

- **Formule de calcul de la teneur en cendres :**

$$\text{Teneur en cendre} = (P_2 - P_0 / P_1) \times 100$$

Où :

- **P0** : Poids du creuset vide ;
- **P1** : Poids du creuset contenant le lait avant minéralisation ;
- **P2** : Poids du creuset contenant les cendres après minéralisation.



Figure 5. Détermination de la teneur en cendres

4.2.3. Détermination de l'humidité

- **Principe**

- L'humidité consiste à mesurer la quantité d'eau contenue dans le lait par perte de masse après chauffage.
- L'échantillon est chauffé à une température définie. L'humidité s'évapore, et l'appareil mesure la perte de masse en pourcentage, correspondant à la teneur en eau.

- **Procédure**

- Utiliser un analyseur d'humidité **OHAUS MB35** ;
- Placer le plateau sur le support ;

- Tarer l'appareil (mettre à zéro) ;
- Ajouter 10 ml d'échantillon en couche uniforme et fine ;
- Fermer le couvercle ;
- Démarrer l'analyse (bouton start),
- L'appareil chauffe et enregistre la perte de masse ;
- L'analyse se termine automatiquement lorsque la perte de masse est constante ou après un temps programmé.



Figure 6. Détermination de taux d'humidité

4.2.4. Détermination de la teneur en sucres (Brix)

- Principe :

L'indice de réfraction permet de déterminer le pourcentage de matières sèches solubles, principalement les sucres, dans une solution. Ce principe repose sur la déviation de la lumière lorsqu'elle traverse un liquide. À 20 °C, les réfractomètres indiquent directement la teneur en extrait sec, exprimée en °Brix.

- Procédure

- Nettoyer soigneusement la surface du réfractomètre à l'aide d'eau distillée, puis sécher avec un papier absorbant propre.
- Déposer une goutte de l'échantillon à analyser sur la surface de mesure.
- Refermer le couvercle (si applicable) et lire directement la valeur indiquée sur l'écran digital du réfractomètre.



Figure 7. Détermination de la teneur en sucres par refractomètre

4.2.5. Dosage des protéines

a. Méthode de Bradford (1976)

Le dosage des protéines est réalisé selon la méthode de Bradford, qui repose sur la liaison des protéines au colorant Coomassie Brilliant Bleu G-250, entraînant un changement de couleur mesurable par spectrophotométrie.

Procédure :

1. Mélange des réactifs

- 10 µl de lait végétal de melon
- 200 µl de réactif de Bradford (le volume du réactif est généralement supérieur à celui de l'échantillon et dépend du format utilisé : tube ou microplaque).

2. Incubation : À température ambiante.

3. Mesure de l'absorbance : À 595 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

4. Détermination de la concentration en protéines : Par interpolation sur une courbe d'étalonnage construite avec des solutions standards de sérum albumine bovine (BSA).

4.2.6. Teneur en lipides

L'extraction et le dosage des lipides peuvent être réalisés via une extraction par solvant (méthode de Folch 1957). Cette méthode consiste à l'extraction des lipides totaux à l'aide

d'un mélange chloroforme-méthanol (2:1, v/v), qui dissout efficacement les lipides. L'eau est ensuite ajoutée pour créer une séparation biphasique :

- Phase inférieure (chloroforme) : contient les lipides
- Phase supérieure (méthanol/eau) : contient les composés non lipidiques

Protocole

1. Réactifs

- Chloroforme
- Méthanol
- Eau distillée

2. Étapes

1. Peser 5 g d'échantillon homogène (ou 5 ml de lait végétal).
2. Ajouter 20 ml de chloroforme-méthanol (2 :1, v/v).
3. Homogénéiser l'échantillon (agitateur vortex ou homogénéiseur) pendant 10–15 minutes.
4. Ajouter 4 ml d'eau distillée pour provoquer la séparation des phases.
5. Laisser reposer ou centrifuger (3000 tr/min, 10 min) pour faciliter la séparation.
6. Récupérer la phase inférieure (chloroforme) contenant les lipides.
7. Évaporer le solvant à l'étuve (à 40–60 °C) ou sous vide.
8. Peser les lipides extraits pour obtenir le pourcentage de matière grasse.

3. Formule

$$\text{Teneur en lipides (\%)} = (\text{Poids des lipides extraits (g)} \div \text{Poids de l'échantillon (g)}) \times 100$$



Figure 8. Étapes d'extraction des lipides par méthode de Folch

4.2.7. Détermination du pH

Procédure

1. Verser 50 ml de lait de graines de melon dans un bécher ;
2. Plonger l'électrode du pH-mètre dans le bécher et enregistrer la mesure.



Figure 9. Détermination du potentiel hydrogène (pH)

4.2.8. Détermination de l'acidité titrable

a. Procédure

1. Prélever 30 ml de lait de graines de melon dans un bécher ;
2. Ajouter 3 à 5 gouttes de phénolphthaléine ;
3. Titrer avec une solution de NaOH 0,1N, jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistant pendant 30 secondes ;
4. Noter le volume de NaOH utilisé.

b. Calcul de l'acidité titrable

$$\text{Acidité titrable (g/L)} = (V_{\text{NaOH}} \times N \times M_{\text{acide}}) / V_e$$

- Acidité Dornic (°D) = $(V_{\text{NaOH}} 0,1N \times 20 / V_e) \times 10$;
- Acide lactique (g/L) = $(V_{\text{NaOH}} \times 0,1 \times 90) / V_e$.
- Acide citrique (g/L) = $(V_{\text{NaOH}} \times 0,1 \times 64) / V_e$.
 - Pour acide citrique : 64 g/mol (monobasique)
 - Pour acide lactique : 90 g/mol
 - V_e échantillon = volume de l'échantillon titré (en ml)



Figure 10. Détermination de l'acidité titrable

4.2.9. Détermination de la densité

- Procédure

1. Amener l'échantillon de lait à une température de 20°C ;
2. Verser une quantité de lait dans une éprouvette ;
3. Plonger doucement le lactodensimètre, en veillant à ce qu'il flotte librement, sans toucher les parois ;
4. Lire directement la valeur indiquée à la surface du lait.

4.3. Analyses microbiologiques

4.3.1. Recherche et numération de la flore totale mésophile

- Procédure

1. Préparation des dilutions

- Distribuer 9 ml de diluant dans des tubes stériles. Le diluant doit être à température ambiante lors de la préparation.
- Pour obtenir une dilution 10^{-1} , prélever 1 ml de lait de graines de melon avec une pipette stérile et l'ajouter à 9 ml de diluant.
- Pour obtenir une dilution 10^{-2} , transférer 1 ml de la dilution 10^{-1} dans un second tube contenant 9 ml de diluant.
- Répéter cette opération pour les dilutions suivantes.



Figure 11. Préparation des dilutions et des milieux de culture

2. Préparation des milieux de culture

- Préparer des boîtes de Pétri contenant de l'agar nutritif (PCA), en s'assurant que l'agar a été stérilisé et refroidi à température ambiante avant utilisation.

3. Ensemencement

- À l'aide d'une pipette stérile (1 ml), prélever 1 ml de chaque dilution et le déposer sur la surface de l'agar.
- Ensemencer sur la surface du milieu à l'aide d'une pipette Pasteur.

4. Incubation et lecture

- Incuber les boîtes de pétri à 30°C pendant 72 heures (ou selon le protocole appliqué).
- Observer et compter les colonies formées.

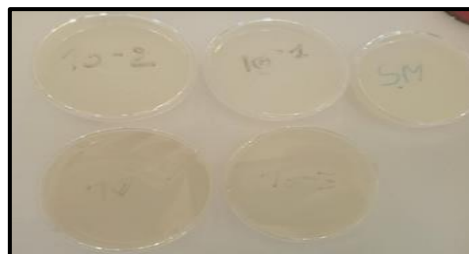


Figure 12. Recherche de Flore totale aérobie mésophile.

4.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

- Procédure

1. Préparation des dilutions

- Prélever 1 ml de lait et le diluer dans 9ml de solution saline stérile, obtenant une dilution 10^{-1} .
- Préparer des dilutions successives (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} ...), en transférant 1 ml de chaque dilution dans 9 ml de solution saline.

2. Ensemencement

- Prélever 1 ml de chaque dilution et l'étaler sur une boîte de pétri contenant le milieu BRVL.
- Ensemencer la surface du milieu à l'aide d'une pipette pasteur.

3. Incubation et lecture

- Incuber les boîtes de pétri à 37°C pendant 24 à 48 heures (ou à 44°C pour les coliformes fécaux).
- Observer la présence de colonies de coliformes, qui apparaissent sous forme de colonies rouges ou roses sur le milieu.



Figure 13. Recherche des Coliformes totaux et fécaux.

4.3.3. Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus

- Étape d'enrichissement

- Prélever 1 ml de l'échantillon et l'ajouter à 9 ml de bouillon Giolitti-Cantoni (GC), supplémenté en tellurite de potassium.

- Incuber les tubes à 37°C pendant 24 heures.

- **Étape d'ensemencement**

- Si le milieu GC noircit, cela indique une présence probable de *S. aureus*.
- Préparer des boîtes de Pétri avec 15 ml de gélose Chapman, puis laisser solidifier.
- Préparer une série de dilutions décimales à partir du bouillon enrichi.
- Prélever 0,1 ml de chaque dilution et ensemencer en surface sur la gélose Chapman, à l'aide d'une pipette pasteur en verre ou d'un râteau stérile.
- Incuber les boîtes à 37°C pendant 24 à 48 heures (selon la norme).
- Observer les colonies caractéristiques de *S. aureus* : colonies jaunes opaques, parfois entourées d'une zone de clarification du milieu.



Figure 14. Recherche de staphylococcus aureus

4.3. 4. Recherche et dénombrement des moisissures et levures

- **Procédure**

1. Préparation du milieu

- Utiliser une gélose Sabouraud chloramphénicol, adaptée à la culture des levures et moisissures.
- Verser 15 ml de gélose dans des boîtes de pétri et laisser solidifier.

2. Préparation des dilutions et ensemencement

- Prélever un échantillon de lait.
- Réaliser 5 dilutions décimales stériles (10^{-1} , 10^{-2} , ..., 10^{-5}).
- Déposer 0,1 ml de chaque dilution sur la surface de la gélose.
- Ensemencer à l'aide d'une spatule stérile.

3. Incubation et lecture

- Incuber les boîtes à 25°C pendant 5 jours.
- Observation et comptage des colonies :
 - **Levures**: Colonies ovoïdes, lisses, blanchâtres.
 - **Moisissures** : Colonies de grande taille, présentant différentes couleurs.

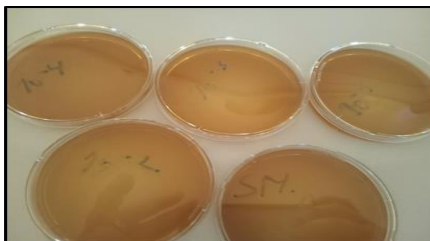


Figure 15. Recherche de levures et moisissures.

4.4. Analyses physicochimiques des glaces à base de lait végétal de melon

4.4.1. Procédure de préparation des glaces végétales

1. Matériel

- Balance analytique ($\pm 0,01$ g) ;
- Mixeur/homogénéisateur (type Ultra-Turrax) ;
- Bain-marie ou plaque chauffante avec agitateur magnétique ;
- Thermomètre à sonde ;
- Sorbetière ou turbine pilote ;
- Congélateur (-20 °C minimum) ;
- Réfractomètre (facultatif, pour °Brix)
- pH-mètre (facultatif).

2. Formulation (pour 1 000 g de base de glace)

La formulation d'une glace à base du lait végétal des pépins de melon est illustrée dans le tableau 7.

Tableau 5. La formulation d'une glace à base du lait végétal des pépins de melon

Ingrédients	Quantité (g)	Rôle
Lait végétal de melon pasteurisé	600	Phase aqueuse principale
Crème de coco ou huile végétale	80	Gras végétal pour texture
Saccharose (sucre)	130	Pouvoir sucrant, antigel
Dextrose ou sirop de glucose atomisé	40	Anti cristallisant
Lécithine de tournesol (ou soja)	2	Émulsifiant
Gomme guar ou farine de caroube	3	Stabilisants naturels
Arôme naturel (melon ou vanille)	3	Amélioration sensorielle
Sel fin	1	Rehausseur de goût

3. Étapes de fabrication

A. Préparation du lait végétal de melon

1. Extraire la pulpe du melon (*Cucumis melo L.*) mûr ;
2. Mixer, puis filtrer finement à l'aide d'un tamis (maille 100–200 µm) ;
3. Pasteuriser à 65 °C pendant 30 minutes ;
4. Refroidir à 4 °C et conserver au frais jusqu'à utilisation.

B. Mélange et homogénéisation

1. Verser le lait végétal dans un bécher de 2 L, puis ajouter la **matière grasse, les sucres, la lécithine et les stabilisants**.
2. Homogénéiser à l'aide d'un Ultra-Turrax à 10 000 tr/min pendant 3 minutes, à température ambiante.

C. Pasteurisation du mélange

1. Chauffer le mélange à 85 °C pendant 2 minutes au bain-marie, avec agitation douce ;
2. Refroidir rapidement à 4 °C dans un bain d'eau glacée.

D. Maturation

1. Conserver le mélange à 4 °C pendant 12 heures ;
2. Vérifier le pH (idéalement entre 5,8 et 6,2) et la **viscosité** (optionnelle) ;
3. Facultatif : mesurer les °Brix (valeurs recommandées : 32–36 °Brix).

E. Foisonnement / Congélation

1. Verser le mélange mûri dans une sorbetière ou une mini-turbine ;
2. Turbiner jusqu'à l'obtention d'une texture semi-solide (~-5 °C), pendant environ 20–30 minutes.

F. Durcissement

1. Transférer la glace dans un bac stérile ;
2. Congeler à -20 à -30 °C pendant 12 à 24 heures.

4. Observations à consigner

- Températures aux étapes clés(pasteurisation, turbinage) ;
- Viscosité initiale vs après maturation ;
- pH du mélange ;
- °Brix(avant et après maturation) ;
- Texture finale : homogénéité, cristaux, onctuosité ;
- Stabilité au stockage(suintement, cristallisation, texture après 7 jours).



Echantillon 1

Echantillon 2

Echantillon 3

Figure 16. Étapes de préparation des glaces végétales

4.4.2. Détermination du pH

Procédure

- Verser 50 ml de glace préparé à base de lait de graines de melon dans un bécher ;
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans le bécher et enregistrer la mesure.



Echantillon 1

Echantillon 2

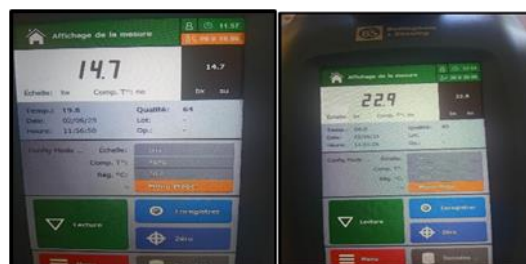
Echantillon 3

Figure 17. Détermination du pH des 3 échantillons des glaces

4.4.3. Détermination de la teneur en sucres (Brix)

Procédure

- Nettoyer soigneusement la surface du réfractomètre à l'aide d'eau distillée, puis sécher avec un papier absorbant propre.
- Déposer une goutte de l'échantillon à analyser sur la surface de mesure.
- Refermer le couvercle (si applicable) et lire directement la valeur indiquée sur l'écran digital du réfractomètre.



Echantillon 2

Echantillon 3

Figure 18. Détermination de la teneur en sucres pour les échantillons des glaces

Résultats et Discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques du lait végétal de melon

Les résultats des teneurs moyennes de la composition physico-chimique sont récapitulés dans le **tableau n° 5**. Les paramètres analysés comprennent le pH, l'acidité, la densité, le Brix, les protéines, l'humidité, la teneur en matière grasse et les solides totaux. Toutes ces analyses ont été réalisées en triple afin de garantir la productibilité et la précision des résultats.

Tableau 6. Résultats d'analyses physicochimiques pour 100ml du lait produit

Paramètre	Le lait végétal de melon produit (frais)
pH	6,5
Humidité en %	90,20% - 94,14%
Extrait Sec Total %	5,86% - 9,80%
Densité	1,020
Acidité	0,046 d'acide citrique
Brix °(Bx)	3,4
Protéines	5,3g /l
Lipides	36,85g
Cendres %	1,65%

1.1. pH et acidité

Le pH du lait végétal de melon a été mesuré à 6,5. Cette valeur est normale pour un lait végétal frais et non altéré. Selon la littérature scientifique, un pH de 6,5 est une valeur couramment observée dans les laits végétaux. Le pH des laits végétaux varie généralement entre 6,60 et 6,80, ce qui est similaire à celui du lait de vache (**Mäkinen et al.; 2015**).

De plus, une étude sur le développement des yaourts végétaux a révélé que le pH initial des laits végétaux avant fermentation se situait entre 6,0 et 6,5 (**Tandukar, 2024**).

Un pH de 6,5 est proche de la neutralité, ce qui signifie qu'il n'inhibe pas complètement la croissance microbienne contrairement à des milieux plus acides ($\text{pH} < 4,5$) donc il est important d'assurer une hygiène rigoureuse et si besoin de stériliser ou de pasteuriser.

Un pH autour de 6,5 est convenable et favorable aux transformations alimentaires. Il est similaire à celui du lait de vache, permet de faciliter son utilisation dans des produits alternatifs (glaces, yaourts, boissons ...) mais une conservation assez pas longue sans traitement thermique.

Selon le tableau, l'acidité est égale à 0,046% en équivalent d'acide citrique. L'acidité titrable (exprimée en % d'acide citrique ou en °Dornic selon les études) est un paramètre clé pour la qualité microbiologique, la stabilité, et le goût. Cette valeur est très faible ce qui montre que le lait végétal de melon est peu acide cohérent avec les caractéristiques de melon et des laits végétaux à base de céréales.

À titre de comparaison, le lait de soja et le lait d'amande présentent une acidité bien plus élevée, aux alentours de 0,39%, selon l'étude de **Bernat et al.; (2014)** sur les produits fermentés à base de laits végétaux.

Le lait de riz montre une acidité titrable plus proche de celle de lait de melon, entre 0,03 et 0,06% (**Aydar et al.; 2020**). Le lait d'avoine quant à lui, se situe dans une plage de 0,04 à 0,09%, selon **Clements et Newman (2019)**, ce qui confirme que le lait de melon s'inscrit bien dans la catégorie des laits végétaux à faible acidité.

Une étude a évalué la stabilité du lait de melon stocké à une température ambiante ($30 \pm 2^\circ\text{C}$) et sous réfrigération ($10 \pm 2^\circ\text{C}$) pendant 7 jours. Les résultats ont montré qu'à ces deux températures, le pH du lait diminuait tandis que l'acidité titrable augmentait au fil de temps. Par exemple, le pH est passé de 6,8 à 4,5, et l'acidité titrable a augmenté de 0,70% à 1,20% (exprimée en acide lactique) après de 7 jours de stockage à température ambiante. Ces changements étaient associés à une augmentation de la charge microbienne et à une diminution de l'acceptabilité sensorielle du produit. Les échantillons du lait stockés étaient acceptables qu'après un ou trois jours, respectivement, au-delà, ils étaient inacceptables (**Akubo et al.; 2002**).

Le lait végétal de melon a un pH initial relativement neutre (environ 6,8) et une acidité titrable modérée. Cependant, ces paramètres peuvent varier en fonction des conditions de stockage et des ingrédients ajoutés.

1.2. Densité

La densité de lait végétal de melon, également appelée la masse volumique, est un paramètre important pour évaluer les propriétés physiques et sa comparaison avec d'autres laits végétaux ou animaux.

La valeur obtenue pour ce paramètre est de 1,020g /ml. Cela signifie que ce lait est légèrement plus dense que le l'eau pure (1.000 à 20°C) et un peu moins dense que le lait de vache dont la densité est généralement autour de 1,030. Cette caractéristique est principalement due à sa teneur en solides totaux. La densité obtenue à partir des pépins de melon se situe dans la moyenne supérieure des valeurs généralement observées pour les laits végétaux.

La densité de lait de soja est rapportée entre 1,010 et 1,030g/ml selon (**Mosha et al. ; 2005**). Celle du lait d'amande varie de 1,008 à 1,018g /ml comme l'indiquent **Tang et al. ; (2012)**. Le lait de riz, Quant à lui, présente une densité de 1,005 à 1,015 g/ml d'après **Sharma et al. ; (2013)**.

Cette densité, relativement élevée par rapport au lait de melon, reflète une concentration significative en matière sèche, protéines, fibres solubles et minéraux. Cette composition est comparable à celle des laits à haute valeur nutritionnelle, tels que le lait de soja (**Obi, 2018, Asian Food Science Journal, 2018**).

1.3. Le Brix

Le Brix mesure la concentration en solides solubles totaux (SST), exprimée en pourcentage de saccharose équivalent. La valeur mesurée pour le lait végétal de melon est de 3,4 relativement cohérent et typique pour un lait végétal brut non sucré.

La mesure obtenue indique une concentration modérée en solides solubles, principalement des sucres naturels, des acides organiques et des composés solubles issus des pépins. Cette valeur est inférieure à celle de lait de soja, qui présente généralement un Brix compris entre 6 et 7, en raison de sa richesse en protéines et glucides solubles (**Zhang et al. ; 2023**). Elle est comparable à celle de lait d'amande ou le lait d'avoine, dont le Brix varie respectivement entre 3,0 et 6,0 (**Yangilar, 2013**). Il peut aller de 5 à 20 selon la concentration utilisée dans les formulations (**Ji et al. ; 2014**).

La valeur plus faible dans le lait des pépins de melon suggère que les composés extraits sont majoritairement non sucrés comme des protéines, minéraux et fibres solubles plutôt que des glucides simples. Cette caractéristique est intéressante pour la formulation de produits à faible index glycémique ou à visée fonctionnelle, en limitant les sucres tout en apportant d'autres nutriments bioactifs.

1.4. Humidité et Teneur en extrait sec total (EST)

Le taux d'extrait sec obtenu est de 9,80% avec 90,20% d'humidité, cette valeur est inférieure par rapport à celles rapportées dans la littérature.

Un lait végétal de melon préparé à base des graines de melon *Kultik* (*Cucumis melo* L.) avec un ratio 1:6 a montré une composition comprenant un taux d'extrait sec total d'environ 11,06% avec 88,84% d'humidité (Aydin et Paksoy, 2004). De plus, selon Omole et Ighodaro, (2012), un lait végétal à partir des graines de melon bouillées (*Citrullus Vulgaris* L.) avec un ratio 1:5 a présenté un extrait sec total de 11,8% avec 88,2% d'humidité. Alors une étude indienne faite sur *Musk melon* indique même un EST de 18,24% et une humidité de 81,76%.

Pour augmenter l'EST, il est recommandé de broyer les graines plus finement, de prétraiter les graines par torréfaction (100 à 120°C) ou d'augmenter le ratio de graines à l'eau comme le suggèrent les travaux sur les laits végétaux enrichis (Gernah et al.; 2007).

1.5. Teneur en cendres

La teneur en cendres est un indicateur de la quantité totale de minéraux (calcium, potassium, magnésium, etc...). La valeur mesurée est de 1,65% (1,65g pour 100g du lait), montre une bonne richesse en minéraux. Cette valeur est supérieure à celle généralement rapportés dans la littérature pour des laits végétaux similaires.

La teneur en cendres pour le lait de graines de melon *Kultik* était de 1,08% (Aydin, 2004) et de 0,80% pour le lait de graines de melon *Citrullus Vulgaris* L. (Omole et Ighodaro, 2012) tandis que pour le *Musk melon* indiquait 0,86% (Journal of Food and Dairy sciences, 2020).

La valeur obtenue reflète un profil minéral intéressant. Cette richesse peut être liée à la variété de melon utilisée, à une extraction plus efficace des constituants des graines ou à une extraction peu stricte qui conserve davantage de résidus solides.

La teneur en cendres sur matière sèche est de 28,21%. Donc, de 36 à 40% des minéraux initiaux passent dans le lait végétal et 60% dans le reste Okara (dont on peut l'utiliser pour

nutrition animale, engrais ou barres riches en fibres et minéraux). Cela peut être justifié par le procédé (eau, broyage et filtration).

1.6. Teneur en protéines

Le taux de protéines obtenu est 5,3g /l (0,53% en poids /volume). Le lait végétal de melon préparé à partir des pépins contient une teneur en protéines supérieure à la moyenne des laits végétaux traditionnels courants (amande, riz, avoine et coco). Elle est moins riche que le lait de soja et nettement supérieure à la majorité des substituts végétaux. Cette valeur est cohérente mais inférieure à celles rapportées dans plusieurs études.

El-Nahhal et al., (2024) ont mesuré une teneur en protéines de 0,96g /100ml dans un lait de graines de melon préparé par simple extraction aqueuse. Une concentration encore plus élevée, atteignant 1,3g/100ml a été obtenue grâce à une méthode incluant l'homogénéisation et le séchage par atomisation (**Ogunmoyela et al. ; 2018**). Par ailleurs, les graines de *Cucumis melo L.* contiennent naturellement entre 14,9% et 39,8% de protéines, ce qui souligne leur fort potentiel nutritif (**Zhanget al. ; 2024**).

La teneur plus faible obtenue pourrait s'expliquer par des facteurs tels que la variété utilisée, le ratio graines/eau (1 :3), l'absence d'étapes d'extraction intensifiée (chauffage, enzymes et homogénéisation).

1.7. Teneur en lipides

La teneur des lipides mesurée en utilisant la méthode **Floch (1957)** est de 36,85 g /100ml de lait dont la quantité totale extraite est de 20,81g (35,4%), ce qui est conforme aux propriétés nutritionnelles des graines elles-mêmes (49,05g des lipides pour 100g de graines sèches).

Selon la table de la **FAO, 1996**, les graines de melon contiennent environ 18,2g de lipides pour 100g. Ces lipides sont majoritairement constitués d'acides essentiels tels que l'acide linoléique, l'acide oléique bénéfiques pour la santé cardiovasculaire.

Le taux de lipides est estimé pour le lait de graines de melon *Kultik* était de 5,50% (**Aydin, 2004**) et de 3,09% pour le lait de graines de melon *Citrullus vulgaris L.* (**Omole et**

Ighodaro, 2012) tandis que 8,83% pour le *Musk* melon indiquait (**Journal of Food and Dairy sciences, 2020**).

Selon la méthode de Gerber aucune trace lipidique observée, ce qui semble ordinaire pour un lait végétal vu que cette méthode est standardisée pour déterminer la teneur en matières grasses dans le lait animale (le lait végétal a une structure colloïdale différente, dominée par les polysaccharides, protéines végétales globulaires, et émulsifiants naturels (**Clements, 2004**).

1.8. Stabilité

La stabilité est un paramètre essentiel à évaluer, car elle influence sa conservation, son goût, son apparence et son aptitude à la transformation (glace, yaourt, etc...).

Le lait végétal des graines de melon *Cucumis melo L.*, lorsqu'il n'est pas pasteurisé, présente une stabilité physico-chimique et microbiologique limitée. En raison de sa teneur élevée en eau, de son pH proche de la neutralité (6,5) et présence de nutriments facilement assimilables (protéines végétales, glucides et lipides instaurés, ce lait constitue un milieu favorable au développement microbien, notamment des bactéries lactiques, levures et moisissures (**Murevanhema et Jideani, 2013**).

Dès 24 à 48 heures à température ambiante, les laits végétaux comme le lait de soja présentent une séparation des phases (**Lee et Lucey, 2010**), une acidification liée à une fermentation spontanée (**Li et al.; 2015**) ainsi que des altérations sensorielles marquées (**Boateng et Lee, 2013**).

A 4°C le lait végétal des graines de melon peut avoir une stabilisation colloïdale avec une durée de conservation prolongée jusqu'à 3 à 4 jours au maximum. L'absence des protéines caséiques et à la faible capacité des protéines végétales à stabiliser les émulsions entraîne la floculation et la coalescence des gouttelettes (**Clements, 2005**).

2. Caractéristiques microbiologiques du lait végétal de melon produit

Le tableau suivant présente les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur un lait végétal de melon **cru (non pasteuriser)**, juste après extraction. Cela permet d'évaluer la qualité hygiénique initiale du produit.

Tableau 7. Résultats d'analyses microbiologiques du lait végétal de melon

Paramètre analysé	Résultat UFC/ml	Interprétation
FAMT	$1,5 \times 10^3$	Acceptable, hygiène correcte
Coliformes totaux	<10	Faible contamination, acceptable
Coliformes fécaux	Abs	Bonne hygiène fécale
Staphylococcus aureus	Abs	Faible développement, stable
Levures et moisissures	Abs	Pas de contamination

Ces résultats microbiologiques, obtenus sur lait cru confirment que le lait végétal de melon peut être considéré comme microbiologiquement stable et apte à la consommation, à condition de respecter la chaîne du froid et des conditions d'hygiène rigoureuses.

En outre, ils montrent la bonne hygiène de production et servent de base pour une future optimisation du procédé incluant une étape de pasteurisation afin d'améliorer la stabilité microbiologique et la durée de conservation."

3. Paramètres physico-chimiques des glaces à base de lait végétal de melon

L'étude a porté sur la caractérisation physicochimique et sensorielle de trois formulations de glaces à base de lait végétal extrait des graines de melon (*Cucumis melo L.*). Les échantillons différaient par leur composition, notamment en termes de sucres, de stabilisants et de matières grasses végétales.

3.1. pH

Le pH des échantillons varie entre 6.1 et 6.5, ce qui correspond à une légère acidité, caractéristique des matrices végétales non fermentées. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Murevanhema et Jideani (2013)**, qui indiquent que les laits végétaux ont généralement un pH compris entre 6,0 et 6,8. Le maintien d'un pH modérément neutre est favorable à la stabilité des émulsions et à la perception sensorielle.

3.2. Degré Brix (°Bx)

Le °Brix, indicateur de la teneur en solides solubles (principalement des sucres), a montré une nette augmentation entre les formulations :

- Échantillon 1 : 6.5 °Brix
- Échantillon 2 : 14.7 °Brix
- Échantillon 3 : 22.9 °Brix

L'échantillon 1, constitué uniquement de lait et de chair de melon, présente une teneur très faible en sucres, expliquant un goût jugé inacceptable. L'ajout de sucre, de stabilisant et d'huile végétale dans l'échantillon 2 améliore la densité des solides, mais reste insuffisant pour atteindre une qualité sensorielle optimale. En revanche, l'échantillon 3, basé sur une formulation complète, atteint un °Brix de 22.9, conforme aux standards des glaces végétales commerciales, souvent situés entre 20 et 24 °Brix (**Muse et Hartel, 2004 ; Goff et Hartel, 2013**).

3.3. Qualité sensorielle

Une corrélation directe est observée entre la teneur en sucres (°Brix) et l'acceptabilité sensorielle. Les deux premiers échantillons, jugés au goût inacceptable, sont pauvres en sucres et en texture. En revanche, l'échantillon 3 a été « très apprécié », probablement grâce à une meilleure synergie entre :

- Les sucres (arôme sucré équilibré) ;
- Les agents texturants (stabilisateurs et huiles végétales) ;
- Et la densité de matière sèche (associée à une onctuosité plus marquée).

Cette observation est en accord avec les travaux de **Kamal-Eldin et al. ; (2010)**, qui soulignent l'importance de la formulation (sucres, stabilisants, matières grasses végétales) pour améliorer les propriétés organoleptiques des produits végétaux glacés.

De plus, selon **Gernah et al., (2007)**, l'enrichissement en matières solides totales est essentiel pour garantir la stabilité et la texture des glaces à base de laits végétaux.

Conclusion

Conclusion

L'étude met en évidence le potentiel techno-fonctionnel du lait extrait des pépins de melon (*Cucumis melo L.*) pour la formulation de glaces végétales. Riche en protéines, lipides insaturés et minéraux, ce lait offre une valeur nutritionnelle intéressante tout en valorisant un sous-produit agricole. Les formulations enrichies en matière sèche ont montré une bonne stabilité, une texture agréable et une appréciation sensorielle équivalente à celles des laits végétaux conventionnels. L'échantillon optimal a répondu aux critères sensoriels essentiels, confirmant l'intérêt de cette alternative dans une logique à la fois fonctionnelle, durable et innovante.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abia, R., et Dahmoune, F. (2021). Extraction et caractérisation des composés phénoliques des plantes médicinales par des procédés écologiques. *Revue des Bioressources*, 13(2), 55–68.
2. Adeyeye, E. I., Asaolu, S. S., Aluko, A. O., & Akinyeye, R. O. (2014). Nutritional composition of melon seed (*Cucumis melo*) oil. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(2), 153–159.
3. Akintoye, O. A., Amoo, I. A., & Eleyinmi, A. F. (2011). *Nutritional and functional properties of melon seed (Cucumis melo L.) flour for food formulations*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5666–5670.
4. Akubo, A. T., Obot, A. I., & Ishiwu, C. N. (2002). *Storage stability and sensory evaluation of melon seed milk*. *Journal of Food Science and Technology*, 39(3), 231–234.
5. Aluko, R. E., & Arntfield, S. D. (2016). Functional and nutritional properties of defatted seed flours from melon. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1341–1350. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4921091/>
6. ARCC Journals. (2021). *Effect of thermal processing on antioxidant activity and sensory properties of plant-based beverages*. Retrieved from <https://www.arccjournals.com>
7. Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975.
8. Aydın, C. (2004). *Physical properties of watermelon seeds*. *Biosystems Engineering*, 88(4), 595–604.
9. Babouhoun, A. (2016). *Valorisation nutritionnelle des graines de courge par extraction d'un lait végétal* [Mémoire de Master, Université de Ouargla].
10. Babouhoun, I. (2016). *Caractérisation physicochimique et évaluation des potentialités nutritionnelles des graines de melon (Cucumis melo L.) du Niger* [Mémoire de Master, Université Abdou Moumouni de Niamey].
11. BANGOOD S., 1984- Chemical composition of major date cultivars grown in the United Arab Emirates. *Date Palm Journal*, 3: 381- 394.
12. Bernat, N., Chafer, M., Chiralt, A., & Gonzalez-Martinez, C. (2014). Hazelnut milk fermentation using probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG and inulin. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 2553–2562.

13. Boateng, L., & Lee, Y. (2013). Effect of storage temperature on volatile compounds in soymilk. *Journal of Food Science*, 78(9), C1362–C1370.
14. Bradford, M. M. (1976). *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding*. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248–254.
15. Chikhaoui, A. (2018). Caractérisation d'une variété de melon (Cucumis. Tizi-Ouzou.)
16. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). *Colorimetric method for determination of sugars and related substances*. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350–356.
17. Ecenur Sahin, Erenay Erem, Melihanur Güzey, Minem Sena Kesen, Necattin Cihat Icyer, Duygu Özmen, Omar Said Toker, Hulya Cakmak (2022). Gaspillage alimentaire à fort potentiel: évaluation des grains de melon comme un beurre à tartiner. 46(10), e 16841.
18. Eke, R., Ejiofor, E., Oyedemi, S., Onoja, S., & Omeh, N. (2021). Evaluation of nutritional composition of *Citrullus lanatus* Linn. (watermelon) seed and biochemical assessment of the seed oil in rats. *Journal of Food Biochemistry*, 45(2), e13763.
19. Fagbemi, T. N., Oshodi, A. A., & Ipinmoroti, K. O. (1998). *Processing effects on some antinutritional factors and in vitro multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: Breadnut (Artocarpus altilis), Cashewnut (Anacardium occidentale) and Fluted Pumpkin (Telfairia occidentalis)*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 199–208.
20. FAO. (1994). *Manual on the Production of Traditional Soy Products in Asia*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
21. Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley, G. H. (1957). *A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues*. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497–509.
22. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). *FAO Food Composition Tables – Annex I: Cereals, pulses, roots and tubers, oilseed kernels and other intermediate moisture foods* (Doc. X9892e). Rome.
23. Gernah, D. I., Ariahu, C. C., & Ingbian, E. K. (2007). Effect of malting and lactic fermentation on some chemical and functional properties of maize (*Zea mays*). *American Journal of Food Technology*, 2(6), 411-418.
24. Gobbi, S., Rocchetti, G., Lorenzo, J. M., Lucini, L., & Rebecchi, A. (2019). *Plant-based milk alternatives: A nutritional and microbiological perspective*. **Foods**, 8(11), 460.

25. Goff, H. D., & Hartel, R. W. (2013). *Ice Cream* (7th ed.). Springer. Kamal-Eldin, A., Alharbi, M. M., & Abu-Alruz, K. (2010). Formulation and processing of dairy-free frozen desserts: Challenges and opportunities. *Journal of Food Science and Technology*, 47(3), 223-231.
26. Gul, O., Atalar, I., Saricaoglu, F. T., & Yazici, F. (2018). Effect of multi-pass high pressure
27. Guoqiang, L., Wang, H., et Zhang, Q. (2024). Advances in functional plant-based beverages: from processing to bioactivity. *Journal of Food Science and Technology*, 61(1), 12–24.
28. Haug, A., Høstmark, A. T., & Harstad, O. M. (2007). *Bovine milk in human nutrition—a review*. *Lipids in Health and Disease*, 6(25).
29. Host, A. (2002). *Frequency of cow's milk allergy in childhood*. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 89(6), 33–37.
30. IDRIS, M. (2019). *Étude physicochimique et sensorielle d'un lait végétal à base de graines oléagineuses locales* [Mémoire de Master, Université Ferhat Abbas Sétif].
31. Jeong, S. M., Kim, S. Y., Kim, D. R., Jo, S. C., Nam, K. C., Ahn, D. U., & Lee, S. C. (2003). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15), 4566–4570.
32. Jeske, S., Bez, J., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2019). Formation, stability, and sensory characteristics of a lentil-based milk substitute as affected by homogenization and pasteurization. *European Food Research and Technology = Zeitschrift Fur Lebensmittel Untersuchung Und -Forschung. A*, 245(7), 1519–1531.
33. Jorge, N., da Silva, A. C., & Malacrida, C. R. (2015). Physicochemical characterisation and radical-scavenging activity of Cucurbitaceae seed oils. *PubMed*
34. Journal of Food and Dairy Sciences. (2020). *Assessment of chemical composition and sensory properties of milk substitutes from musk melon seeds*. **Journal of Food and Dairy Sciences**, 11(6), 123–129.
35. Kamal-Eldin, A., Appelqvist, L. Å., & Yanishlieva, N. V. (2009). *Oxidation of lipids in foods and biological systems*. In Pokorný, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. H. (Eds.), *Antioxidants in Food* (pp. 50–80). Woodhead Publishing.
36. Kazemi, M., Ibrahimi, E., & Mokhtarpour, A. (2020). Evaluation of the nutritional value of Iranian melon (*Cucumis melo* cv. Khatooni) wastes before and after ensiling in sheep feeding. **Journal of Livestock Science and Technologies**, 7(2), 915

37. Khalid, M., Bai, Y., & Pan, Y. (2021). Recent advances in extraction and characterization of plant proteins for food applications. *Food Chemistry*, 364, 130415.
38. Khuenpet, K., Jittanit, W., Hongha, N., & Pairojkul, S. (2016). UHT skim coconut milk production and its quality. 23, 1–14.
39. Kohli, D., Kumar, S., Upadhyay, S., & Mishra, R. (2017). Preservation and processing of soymilk: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 2(6), 66–70.
40. Lasekan, O., Buettner, A., & Christlbauer, M. (2020). *Potential of melon seed waste as a novel food ingredient: Physicochemical and nutritional properties*. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5893–5904.
41. Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1127–1136.
42. Li, Y., Liu, Y., Wu, H., & Chen, Y. (2015). Study on spontaneous fermentation of soymilk at room temperature. *Food Science and Biotechnology*, 24(5), 1585–1590.
43. Lomer, M. C. E., Parkes, G. C., & Sanderson, J. D. (2008). *Review article: lactose intolerance in clinical practice – myths and realities*. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 27(2), 93–103.
44. Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, H. (2015). *Effect of citric acid treatment on peeling efficiency and quality of nuts*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1953–1960.
45. Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2015). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 828–839.
46. Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349.
47. Manzoor, M. F., Manzoor, A., Siddique, R., & Ahmad, N. (2017). Nutritional and sensory properties of cashew seed (*Anacardium occidentale*) milk. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 1(1), 1–4.
48. Mc Clements et Newman (2019) revues complètes en sciences et sécurité alimentaires /Laits végétaux : un aperçu scientifique de leur conception, de leur fabrication et de leurs performances /Rectificatif pour « Laits végétaux : une revue des données scientifiques sur leur conception, leur

fabrication et leurs performances » / volume 19 Numéro 3 Revues complètes sur la science et la sécurité alimentaires /pages : 1218-1218 /Première publication en ligne : 17 décembre 2019

49. MDPI Research Group. (2023). Comprehensive evaluation of the nutritional quality of stored watermelon seed oils. *Applied Sciences*, MDPI. <https://www.mdpi.com>
50. Meruane, et al. (2017). Characterization of *Acanthosicyoshorridus* and *Citrullus lanatus* seed oils: two melon seed oils from Namibia used in food and cosmetics applications. *PubMed Central*.
51. Mohammed, A. A., & Ali, H. M. (2022). Enrichment of yogurt with watermelon seed milk. *Fermentation*, 8(2), 41. <https://www.mdpi.com/2311-5637/8/2/41> Saeed, F., et al. (2019). Fermented plant-based milk substitutes *Foods*, 8(12), 547. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6867983>
52. Mohammed, M. I., & Hamza, Z. U. (2021). Physicochemical properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed oil relevant to industrial applications. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 25(1), 35-40.
53. Murevanhema, Y. Y., & Jideani, V. A. (2013). *Potential of Bambara Groundnut (Vigna subterranea (L.) Verdc) Milk as a Probiotic Beverage—A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(9), 954–967.
54. Murevanhema, Y. Y., & Jideani, V. A. (2013). Potential of unde utilized cereals, legumes and tubers in developing functional foods: A review. *Food Research International*, 52(1), 387-405.
55. Muse, M. R., & Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87(1), 1-10.
56. Nyame, A. K., Nche, A. M., & Tchiegang, C. (2009). *Physicochemical and nutritional properties of melon (Cucumis melo) seeds from northern Cameroon. Journal of Food Technology*, 7(2), 42–45.
57. Obi, C. N. & Nwoke, A. C. (2018) *Effect of Thermal Processing on the Nutritional Status of Soy Milks and Yoghurts Produced by Enhanced Spontaneous Fermentation. Asian Food Science Journal*, 4(4), pages 1–9.
58. Ogbe, A. O., & George, M. (2012). Nutritional and antinutrient composition of melon husk: Potential as feed ingredient in poultry diet. *ResearchGate*.

59. Omole, A. J., & Ighodaro, O. M. (2012). *Production and physicochemical properties of milk from boiled melon seeds (Citrullus vulgaris)*. Journal of Agricultural and Biological Science, 7(5),400–403.
60. Patel, H., et al. (2025). Nutritional composition and bioactive potential of watermelon seeds: a pathway to sustainable food and health innovation. *Sustainable Food Technology, RSC Advances*
61. Pineli, L. D. L. D. O., Botelho, R. B., Zandonadi, R. P., Solorzano, J. L., de Oliveira, G. T., Reis, C. E. G., & Teixeira, D. D. S. (2015). Low glycemic index and increased protein content in a novel quinoa milk. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 1261-1267.
62. Quasem, J. M., Mazahreh, A. S., & Abu-Alruz, K. (2009). Development of vegetable-based milk from decorticated sesame (SesamumIndicum). *American Journal of Applied Sciences*, 6(5), 888–896.
63. Rani, S., &Tripathi, M. K. (2014). *Effect of processing on anti-nutritional factors and protein digestibility of soybean*. **Journal of Food Science and Technology**, 51(10), 2677–2683.
64. **ResearchGate. (2021).** Plant-Based Milks: Functional Properties and Nutritional Comparison. *ResearchGate*.
65. Sai, M., & Vijaya, K. (2017). *Plant-based milk substitutes: Nutritional comparison and consumer perception*. International Journal of Food Science and Nutrition, 6(3), 45–50.
66. Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D. M., Travis, R. C., Bradbury, K. E., & Key, T. J. (2014). *Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK*. Climatic Change, 125, 179–192.
67. Schösler, H., de Boer, J., &Boersema, J. J. (2012). *Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution*. Appetite, 58(1), 39–47.
68. Sebastian, R. S., Wilkinson Enns, C., & Goldman, J. D. (2018). *Plant-based milk market trends in the United States: Forecasts and drivers of consumer adoption*. USDA Economic Research Service Report, ERS-290, 1–15.
69. Seow, C. C., &Gwee, C. N. (1997). Coconut milk: Chemistry and technology. *International Journal of Food Science &Technology*, 32(3), 189–201.
70. Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of food science and technology*, 53(9), 3408–3423.

71. Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). *Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review*. Journal of Food Science and Technology, 53, 3408–3423.
72. Swati, M., Singh, A., & Kumar, R. (2016). *Effect of homogenization on particle size distribution and stability of plant-based milk emulsions*. Journal of Food Processing and Technology, 7(6), 1000595.
73. Tandukar, A. (2024). *Development of Probiotic Yogurt from Oat Milk and Soy Milk Using Lactic Acid Bacteria*. University of Wisconsin–Stout.
74. Väckä. (2023). Developing plant-based cheeses with fermented melon seed milk. *Food Navigator*. <https://www.foodnavigator.com/Article/2023/01/24/Developing-plant-based-cheeses-with-fermented-melon-seed-milk/>
75. Wong, J. Y., de Souza, R. J., Kendall, C. W., & Jenkins, D. J. (2020). Plant-based milk alternatives: Nutritional content and health implications. *Current Nutrition Reports*, 9(3), 142–152.
76. Yahi, N., & Bensidhoum, W. (2022). *Caractérisation biochimique des graines oléagineuses locales pour la production de boissons végétales* [Mémoire de Master, Université de Guelma].
77. Wuanor, A. A., Gwaza, D. S., & Kembe, T. (2018). Performance response of feedlot Bunaji bulls to dietary melon seed husk meal inclusion. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 3(4), 112117.
78. Zhao, S., Sun, Y., Zhang, H., & Li, X. (2024). *Road to valorisation of melon seeds (Cucumis melo L.): A comprehensive review of nutritional profiles, biological activities, and food applications*. *Sustainable Food Technology*.