

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

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



Réf :.....

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

MASTER

Thème

Formulation d'un yaourt à base d'un lait végétal

Présenté par :

BOUMENIR Lilia ET ZERAGUINE Emilia

Soutenu le : **01 Juillet 2024**

Devant le jury composé de :

M^{me} KERNOU O.

M^{me} TAZRART K.

M^{elle} TOUATI N.

MAB President

MCA Examineur

MCA Encadreur

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nos très chaleureux remerciements vont à Mme Touati Naima pour avoir accepté de nous encadrer, pour la confiance qu'elle nous a accordée, pour son aide et ses conseils, mais également pour nous avoir encouragées. Merci pour votre sympathie, votre patience, et votre gentillesse.

Nous adressons nos sincères remerciements à Mme Kernou Ourdia pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Nous exprimons nos vifs remerciements à Mme Tazart Karima pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner notre travail de mémoire.

Nous sommes profondément reconnaissant envers tous le personnel du laboratoire physico-chimique et microbiologique de l'entreprise RAMINA qui ont permis notre intégration pendant notre stage , et plus particulièrement Monsieur Belaidi, Monsieur Yakoubi et Madame Merabete , merci énormément.

Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À la mémoire de mon grand-père maternel, Moussa, décédé. Puisse Allah, le Tout-Puissant, l'accueillir en sa sainte miséricorde et lui offrir le paradis comme dernière demeure.

A toi mon père Abd El Kamel, tu es plus qu'un guide dans ma vie ; mon exemple de force, de dévouement et de générosité. Tes conseils éclairés, ta présence rassurante et ton amour inconditionnel ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Chaque succès que je célèbre est le résultat de tes sacrifices silencieux et de ton soutien constant. Que Dieu te préserve en santé, comble ta vie de bonheur et te donne une longue vie.

A ma très chère mère Hakima, Source inépuisable de tendresse, exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Quoi que je fasse ou que je te dise, je ne saurais point te remercier comme il se doit très chère maman. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les difficultés de la vie. Puisse Dieu le tout puissant te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes deux sœurs Linda et Malak et à mon frère Fares, merci pour votre amour et votre soutien. Je vous souhaite beaucoup de réussite et de bonheur dans votre vie.

A ma tante Zohra et son mari Miloud merci infiniment pour votre amour et votre soutien durant tout mon parcours.

A mes chers cousins et cousines merci pour votre aide, amour et votre bienveillance.

A mes amies avec qui j'ai partagé mes années d'études et qui m'ont toujours soutenue et poussé vers l'avant.

Je vous aime très fort....

Lilia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A celui qui m'a donné tout ce que qu'il réaliser ses espoirs, à tous ceux qui m'ont poussé en avant vers l'atteinte de l'objectif, à celui qui s'est assuré de m'éduquer avec de grands sacrifices, à chère mon père **Abd el Hamid**, que Dieu le protège et prolonge sa vie.

A qui m'a donné tout le don et la tendresse, à celui qui a été patient, pour sa présence, Ma mère **Nassima** qui m'a entouré d'amour et qui m'a donnée le courage pour compléter cette expérience, ma précieuse et ma chère maman, que dieu le garde .

Un merci spéciale pour ma sœur **Nawel** pour sa présence et son soutien pour moi, et à mes deux frères **Cherif** et **Rabah** pour leur présence.

Je leur dédie le fruit de ma réussite à mon honorable promotrice **Mme Touati Naima**.

Mes amies **Saloua** et **Sabrina** pour leur présence et soutien pendant 5 ans. A ma famille, ma tante **Fatiha**, mes oncles, cousins, cousines Je ne pourrais jamais exprimer le respect que j'ai pour vous, vos encouragements et votre soutien m'ont toujours été d'un grand secours. Puisse Dieu le tout puissant vous préserve du mal, vous comble de santé, de bonheur et vous procure une longue vie.

Emilia

Liste des abréviations

YNC	Yaourt à boire à base de noix et cacahuètes
YNCg	Yaourt à boire à base de noix et cacahuètes grillées
NC	Laits noix et cacahuètes
NCg	Laits noix et cacahuètes grillées
DNC	Acide 3,5- dinitrosalicylique
ACP	Analyse en composantes principales
CAH	Classification axendante hiérarchique
EST	Extrait sec total
F.A.M.T	Flore aérobie mésophile totale
J.O.R.A	Journal officiel de la république algérienne
mg Eq. Glu/g de Ps	Milligramme équivalent de glucose par gramme de poudre sèche
MG	Matière grasse
VRBL	Gélose lactosee biliee au cristal violet et au rouge neutre
M17	Gélose m17 glucose – bouillon m17 saccharose
YGC	Levure glucose chloramphenicol
PCA	Gélose plate count agar
MRS	Gélose de man, rogosa et sharpe
VF	Le milieu viande foie
TSE	Tryptone-sel-eau
UFC	Unité formant colonies
PREMAP	Préférence mapping
ND	Non déterminé

Liste des figures

Figure 1 : Photographie des cacahuètes.....	4
Figure 2 : Photographie de la coque de noix.....	7
Figure 3 : Diagramme de production du lait de cacahuète et des laits de noix.....	11
Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt à base de lait de cacahuètes et de lait de noix..	12
Figure 5 : Dilutions décimales des échantillons de yaourts à analyser.....	18
Figure 6 : Evolution du pH des deux yaourts en fonction du temps.....	22
Figure 7 : Evolution de l'EST des deux yaourts en fonction du temps.....	23
Figure 8 : Evolution de la teneur en MG des deux yaourts en fonction du temps.....	24
Figure 9 : Evolution de l'indice d'acide des deux yaourts en fonction du temps.....	25
Figure 10 : Evolution de l'indice de peroxyde des deux yaourts en fonction du temps.....	25
Figure 11 : Evolution de la teneur en sucres totaux des deux yaourts en fonction du temps.....	26
Figure 12 : Evolution de la teneur en protéines des deux yaourts en fonction du temps.....	27
Figure 13 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	29
Figure 14 : Coefficients des modèles des échantillons des yaourts A, B et C.....	30
Figure 15 : Corrélations entre les variables et les facteurs.....	33
Figure 16 : Profil des différentes classes.....	33
Figure 17 : Cartographie des préférences des yaourts.....	34

Liste des tableaux

Tableau I : Différentes sources du lait végétal.....	3
Tableau II : Valeurs nutritives de quelques boissons végétales.....	3
Tableau III : Composition moyenne et valeur énergétique des cacahuètes.....	5
Tableau IV : Utilisation et produits à base des cacahuètes.....	6
Tableau V : Composition moyenne et valeur énergétique des noix.....	8
Tableau VI : Microorganismes recherchés dans le yaourt à base du lait de cacahuète et lait de noix.....	17
Tableau VII : Codage des échantillons à déguster.....	20
Tableau VIII : Paramètres physico-chimiques des laits végétaux.....	21
Tableau IX : Résultats du dénombrement de la flore lactique.....	28
Tableau X : Moyenne ajustée par produit des yaourts A, B et C.....	32

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures et tableaux	

Introduction	1
--------------------	---

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les boissons végétales.....	2
I.1. Définition.....	2
I.2. Appellation et réglementation.....	2
I.3. Différentes origines du lait végétal	2
I.4. Comparaison de quelques boissons végétales	3
I.5. Bienfaits du lait végétal.....	3
II. Généralités sur les cacahuètes	4
II. 1. Histoire des cacahuètes « <i>Arachis hypogaea</i> ».....	4
II.2. Définition	4
II.3. Composition des cacahuètes.....	5
II.4. Utilisations et produits à base de cacahuètes	6
III. Généralités sur les Noix.....	7
III.1. Histoire de <i>Juglans regia L</i>	7
III.2. Définition	7
III.3. Composition des noix.....	7
III.4. Différentes utilisations des noix.....	9

Partie expérimentale

I. Matériels et Méthodes.....	10
I.1. Démarche expérimentale.....	10
I.2. Matériel	10
I.2.1. Matières premières	10
I.2.2. Produit fini.....	10
I.3. Méthodes	11
I.3.1. Processus de fabrication du lait de cacahuète et du lait de noix	11
I.3.2. Processus de fabrication du yaourt à boire.....	11
I.4. Analyses physico-chimiques.....	12
I.4.1. Mesure du Potentiel d'Hydrogène pH.....	12
I.4.2. Détermination de l'extrait sec total (matière sèche).....	13
I.4.3. Dosage des sucres par la méthode colorimétrique à l'anthrone	13
I.4.4. Dosage des protéines par la méthode de Lowry.....	14
I.4.5. Indice d'acide	14

I.4.6. Indice de peroxyde	15
I.4.7. Dosage de la matière grasse par méthode gravimétrique	15
I.5. Etude statistique.....	16
I.6. Analyses microbiologiques	16
I.6.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale.....	17
I.6.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et Fécaux.....	17
I.6.3. Recherche et dénombrement de <i>la Flore lactique</i>	18
I.6.4. Recherche et dénombrement de <i>clostridium</i> sulfito-réducteurs	19
I.6.5. Recherche et dénombrement des levures et moisissures	19
I.7. Evaluation sensorielle.....	19
II. Résultats et discussion.....	21
II.1. Paramètres physico-chimiques des laits végétaux.....	21
II.1.1. pH et indice d'acide.....	21
II.1.2. Extrait sec total (EST)	21
II.1.3. Taux de matières grasses (MG).....	22
II.1.4. Teneur en sucres totaux.....	22
II.1.5. Indice de peroxyde	22
II.2. Paramètres physico-chimiques des deux yaourts	22
II.2.1. pH	22
II.2.2. Extrait sec total (EST)	23
II.2.3. Taux de la matière grasse (MG).....	24
II.2.4. Indice d'acide.....	24
II.2.5. Indice de peroxyde	25
II.2.6. Teneur en sucres totaux.....	26
II.2.7. Teneur en protéines.....	26
II.3. Qualité microbiologique des yaourts	27
II.4. Qualité sensorielle des yaourts	28
II.4.1. Test de plan d'expérience	28
II.4.2. Caractérisation des produits	28
II.4.3. Pouvoir discriminant par descripteur	29
II.4.4. Coefficients des modèles	30
II.4.5. Moyenne ajusté par produit	31
II.5. Cartographie des préférences (Préférence MAPING PREFMAP).....	32
II.5.1. Analyse en composant principales (ACP)	32
II.5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)	33
II.5.3. Synthèse de mapping des préférences	34
Conclusion	35
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Pendant des années le lait de vache a été considéré comme un aliment essentiel en raison de sa valeur nutritionnelle élevée (Reyes-Jurado *et al.*, 2021). Le lait est riche en protéines et est également essentiel à la survie et au bon fonctionnement des cellules de notre corps (Haas *et al.*, 2019). Malheureusement, le lait est parfois mal toléré par l'organisme, ce qui pousse certaines personnes à envisager de le remplacer par un lait végétal (Fructuoso *et al.*, 2021). Au cours de ces deux dernières décennies la consommation de boissons végétales non lactières traditionnellement appelées « laits végétaux » a considérablement augmenté en raison de préoccupations sanitaires et environnementales, d'une intolérance au lactose et d'un choix flexitarien (Munekata *et al.*, 2020).

Les laits végétaux, également appelés substituts du lait animal, sont produits à partir de différentes plantes comme les amandes, le soja, le riz, l'avoine, cacahuète, noix et bien d'autres. Chaque type de lait végétal possède ses propres caractéristiques nutritionnelles et gustatives (Tangyu *et al.*, 2019; Carlsson Kanyama, 2021). Ils sont très similaires au lait animal en termes de texture, apparence et utilisation. Selon les matières premières et l'enrichissement, ils diffèrent en leur composition nutritionnelle et leur goût, mais aucun d'entre eux ne contient de lactose ou de cholestérol (Sethi, Tyagi, and Anurag, 2016). Le lait de cacahuètes et ses produits ont des bienfaits nutritionnels car il sont riches en protéines, minéraux, vitamines et acides gras essentiels (Yadav *et al.*, 2010). Le lait de noix contient des minéraux, des acides gras mono et poly-insaturés (Popovici *et al.*, 2017).

L'objectif de cette étude est d'élaborer deux boissons végétales à base de cacahuètes et de noix, puis de les transformer en yaourt à boire selon deux recettes différentes : un yaourt à base de mélange de 50% de lait de noix et 50% de lait de cacahuète (YNC), et un deuxième à base de 50% de lait de noix et 50% de lait de cacahuète grillées de (YNCg), élaborés dans les mêmes conditions. Ensuite, on compare les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels des produits obtenus.

Le manuscrit présenté est divisé en deux parties : une synthèse bibliographique sur les laits végétaux, les cacahuètes, les noix et une partie consacrée aux matériels et méthodes, résultats et discussion des analyses physico-chimique, microbiologique et sensorielle du yaourt élaboré.

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les boissons végétales

I.1. Définition

Le lait végétal est un liquide aqueux obtenu à partir de l'extraction de plantes. Il est préparé à partir de matières végétales pré-nettoyées, broyées (réduites en taille) et mélangées à de l'eau. Ensuite, le mélange est homogénéisé et filtré pour obtenir une texture liquide similaire à celle du lait de vache (Sakthi *et al.* 2020 ; Munekata *et al.*, 2020).

En général, il s'agit d'un extrait de légumineuses, de céréales, de noix et/ou de graines. Ils ont une grande ressemblance avec le lait animal en ce qui concerne leur texture, leur apparence et leur utilisation. En fonction des matières premières et de l'enrichissement, ils varient en termes de composition nutritionnelle et de goût, mais aucun d'entre eux ne renferme de lactose ou de cholestérol (Sethi *et al.*, 2016) .

I.2. Appellation et réglementation

Les pays de l'union européenne *et* le Canada, interdisent l'utilisation du terme « lait » pour désigner les boissons à base de plantes imitant le lait animal, le terme « lait » étant réservé aux produits d'origine animale. Depuis le 22 octobre 2007, le Conseil de l'Union européenne a interdit l'utilisation des termes « lait végétal » et « fromage végétal », et cette interdiction a été appliquée par la Cour de justice de l'Union européenne le 14 Juin 2017 (Amrouche, 2020).

La décision européenne 2010/791/UE du 20 décembre 2010 établit une liste d'exceptions permettant à chaque pays d'utiliser les dénominations traditionnelles des produits alimentaires en France. On retrouve dans la liste des appellations « lait d'amande », « lait de cacao », « crème de riz », « beurre de cacao et beurre de cacahuète », qui sont exclusivement autorisées en France (Amrouche, 2020).

I.3. Différentes origines du lait végétal

Les laits d'origine végétale sont fabriqués à partir d'une variété de plantes et de familles de plantes (Tableau I), notamment des céréales, des légumineuses, des mélanges de plantes (Carlsson Kanyama, 2021). Malgré l'absence de définition et de classification de ces substituts de lait d'origine végétale dans la littérature, une classification générale des substituts de lait végétalisés et de légumes est proposée, selon les cinq catégories suivantes (Sethi *et al.*, 2016).

Tableau I: Différentes sources du lait végétal (Sethi et al., 2016).

Catégorie	Laits
Céréales	Lait d'avoine, Lait de riz, Lait de maïs, Lait d'épeautre
Légumineuses	Lait de soja, Lait d'arachide, Lait de lupin, Lait de pois.
Noix	Lait d'amande, Lait de coco, Lait de noisette, Lait de pistache, Lait de noix.
Graines	Lait de sésame, Lait de lin, Lait de chanvre, Lait de tournesol.
Pseudo- céréales	Lait de quinoa, Lait d'amarante.

I.4. Comparaison de quelques boissons végétales

Les laits végétaux ne possèdent pas les mêmes qualités nutritionnelles que le lait animal, car ils sont simplement des boissons visuellement similaires au lait et fabriquées à partir de plantes (Mäkinen et al., 2016). En général, ils ont une teneur élevée en minéraux, vitamines et acides gras insaturés (Nathalie Mayer, n.d.). Les valeurs nutritives de différentes boissons végétales sont représentés dans le tableau II.

Tableau II: Valeurs nutritives de quelques boissons végétales (Paul et al., 2020).

Nutriments (100g) \ Laits	Lait d'amande	Lait de cacao	Lait de soja	Lait de cacahuète
Energie en kcal	55–55,9	225–325	51,5–52,5	462,78–567,0
Protéines en g	2,50–1,90	12–19	3,82–3,98	25,80–26,37
Glucides en g	4,30–4,70	44–55	4,3–4,7	21,51–16,10
Matières grasses en g	3,2–3.6	20–25	3,1–4,3	47,22–49,20
Fibres alimentaires en g	1,15–1,35	25–35	0,64–0.74	8,00–8,50
Calcium en mg	13,05–13,15	100–180	4,0–5,4	54–92

I.5. Bienfaits du lait végétal

Les laits végétaux servent généralement à remplacer le lait animal et sont particulièrement intéressants pour les personnes allergiques ou intolérantes au lait de vache (Velangi and Savla, 2022 ; Reyes-Jurado et al., 2023). Ils sont plus faciles à digérer pour les personnes intolérantes au

lactose, ne contiennent pas de cholestérol, et sont souvent moins caloriques que le lait entier. Évidemment, la consommation de produits à base de plantes dans les régimes quotidiens aiderait à réduire les menaces pour la santé, telles que le diabète, l'hypercholestérolémie, l'hypertension, le cancer et les maladies gastro-intestinales. De plus, pour les adeptes d'un régime végétalien, ces laits offrent une option précieuse en substituant le lait de vache tout en enrichissant leur alimentation en protéines végétales (Reyes-Jurado *et al.*, 2023). Enfin, pour les individus allergiques aux protéines du lait de vache, les laits végétaux représentent une solution sécurisée, permettant la consommation de produits similaires sans risque de réaction allergique (Park, 2021).

Certains laits végétaux fournissent des nutriments essentiels à l'alimentation humaine. Par exemple, les alternatives au lait de soja, aux cacahuètes, au chanvre et au lait d'amande sont riches en acides gras essentiels (acides linoléiques et huileux) et pourraient donc contribuer fortement à la nutrition humaine (Ismail, 2016). En outre, le lait d'amande est une bonne source de calcium et de vitamine E, le lait de soja contient des isoflavones qui peuvent avoir des effets protecteurs contre le cancer, les maladies cardiovasculaires et l'ostéoporose. De plus, les phytostérols qu'il contient contribuent à la réduction du cholestérol (Vanga and Raghavan, 2018).

Les composés phénoliques contenus dans le lait d'arachide jouent un rôle protecteur contre le stress oxydatif et des maladies telles que les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux et certains cancers (Sethi *et al.*, 2016).

II. Généralités sur les cacahuètes

II. 1. Histoire des cacahuètes « *Arachis hypogaea* »

L'histoire des cacahuètes remonte à l'époque des anciens Incas du Pérou. Ils furent les premiers à cultiver des cacahuètes sauvages et à les offrir au Dieu Soleil dans le cadre de leurs cérémonies religieuses. L'histoire moderne de la popularisation de l'arachide a commencé avec la guerre civile des années 1860 en Amérique. George Washington Carver, connu comme le "père de l'industrie de l'arachide", a développé plus de trois cents produits dérivés de l'arachide (Sharma *et al.*, 2006 ; Arya *et al.*, 2016; Moharana *et al.* 2020).



Figure 1: Photographie des cacahuètes (Sharma *et al.*, 2006)

II.2. Définition

Les cacahuètes sont des légumineuses originaires d'Argentine (figure 1). Elles appartiennent à la famille des Papilionacées, elle a donc accumulé des réserves nutritionnelles,

composées principalement de protéines, de granules d'amidon et de lipides (Nwokolo, 1996). Bien que cette classification appartienne à la famille des légumineuses et aime sa similitude. Visuellement, le profil en macronutriments des arachides est plus proche de celui des fruits à coque (Basse, 2020).

II.3. Composition des cacahuètes

II.3.1. Lipides

Les lipides sont les principaux composants des graines d'arachide. La masse fraîche varie entre 44 et 56 g/100 g (Tableau III). Ce sont principalement des triglycérides (~97 g/100 g de lipides), le reste étant constitué de phospholipides et de stérols (Nwokolo, 1996 ; Basse, 2020).

II.3.2. Glucides

Les graines de cacahuètes contiennent en moyenne 15 g/100 g de glucides. Selon les conditions de culture, cette valeur peut atteindre jusqu'à 27 g/100 g dans certaines variétés. La grande majorité des glucides présents dans l'arachide sont des polysides, Les principaux sucres simples présents dans les graines d'arachide sont le fructose et le glucose (Nwokolo, 1996 ; Basse, 2020).

II.3.3. Protéines

Les cacahuètes sont des légumineuses qui ont une teneur en protéines plus élevée que celle de certains autres fruits à coque (Moharana *et al.* 2020). En moyenne, les graines d'arachides renferment environ 24 g de protéines totales par 100 g (Tableau III) (Basse, 2020). Ils offrent les 20 acides aminés dans des proportions équilibrées et sont une excellente source de l'acide aminé "arginine". Leurs protéines, ainsi que celles d'autres sources végétales telles que le soja, sont nutritionnellement comparables à celles de la viande et des œufs pour la croissance et le bien-être humain (Settaluri, Kandala *et al.*, 2012).

Tableau III: Composition moyenne et valeur énergétique des cacahuètes (par 100g) (Nwokolo, 1996 ; Ros, 2015).

	Protéines (g)	Lipides (g)	Fibres (g)	Sodium (mg)	Potassium (mg)	Calcium (mg)	Energie (kJ)
<i>Cacahuètes</i>	25,8	49,2	8,5	18	705	92	2220

II.3.4. Micronutriments

➤ Vitamines

Les cacahuètes sont une source précieuse de vitamines B hydrosolubles et de vitamine E liposoluble (tocophérol), un antioxydant naturel. Ces antioxydants inhibent la peroxydation lipidique dans les aliments en stabilisant les hydro peroxydes et autres radicaux libres. De plus, les cacahuètes sont une bonne source de thiamine (vit B1) hydrosoluble, qui agit comme coenzyme dans les voies métaboliques des glucides et des acides aminés (Toomer, 2018). Des études ont rapporté une teneur en thiamine d'environ 1,0 mg/100 g dans la graine d'arachide, tandis que la teneur en thiamine dans la pellicule d'arachide (la peau) est considérablement plus élevée (environ 3,8mg/100g). Elles sont également une source puissante de riboflavine (vit B2), de niacine (vit B3), de vitamine B6 (pyridoxine) et de vitamine B9 (acide folique) (Settaluri *et al.*, 2012).

➤ Minéraux

Les arachides contiennent environ 658 mg / 100 de potassium minéral vital, qui fonctionne avec le sodium pour maintenir l'équilibre électrolytique du corps. Les arachides fournissent les macros minéraux : magnésium (175 mg), calcium (54 mg) et phosphore (358 mg) pour 100 g d'arachides grillées sèches (Settaluri *et al.*, 2012). L'arachide présente un intérêt notoire en raison de sa richesse en iode et en sélénium, deux oligo-éléments essentiels pour la régulation des hormones thyroïdiennes (Toomer, 2018).

II.4. Utilisations et produits à base de cacahuètes

La consommation d'arachides varie considérablement à travers le monde, ce qui se traduit par une grande variété de produits commerciaux généralement localisés (Tableau IV) (Arya *et al.* 2016).

Tableau IV: Utilisation et produits à base des cacahuètes (Arya et al. 2016).

Domaine d'utilisation	Les produits à base des cacahuètes
Alimentation humaine	Les arachides grillées, le beurre d'arachide, l'huile d'arachide, la pâte d'arachide, la farine d'arachide, les collations à base d'arachides, le lait d'arachide.
Alimentation animale	Tourteau d'arachide, fanes utilisées comme fourrage.
Industrie	L'huile d'arachide (savonnerie, médecine), combustible (coques).

III. Généralités sur les Noix

III.1. Histoire de *Juglans regia* L

La noix trouve son origine dans le sud-est de l'Europe ainsi que dans l'Asie occidentale et centrale. Son introduction en Europe centrale et occidentale remonte à l'Antiquité, grâce aux Romains et aux Grecs, tandis qu'en Amérique, elle a été propagée par les explorateurs. Son expansion a été si remarquable qu'aujourd'hui, il est ardu de préciser les zones où elle pousse à l'état sauvage. Cependant, il est documenté qu'elle pousse spontanément du sud-est de l'Europe, en particulier dans la région méditerranéenne, jusqu'à la Birmanie septentrionale, en traversant l'Asie, l'Himalaya et le sud-est de la Chine (Khaoula and Siham 2020).

III.2. Définition

Le noyer (*Juglans regia* L.) a été utilisé en nutrition humaine depuis l'Antiquité. Le noyer est originaire du centre d'Asie, à l'ouest de la chaîne Himalayenne et du Kirghizistan et a été cultivé en Europe dès 1000 avant JC. Dès lors, il s'est répandu et bien adapté à dans nombreuses régions de la méditerrané et à travers le monde (Martínez *et al.*, 2010).

La noix est définie comme un fruit séché contenant une seule graine dont les parois de l'ovaire durcissent à maturité. Le terme "noix" englobe toutes les noix communes (à l'exception des châtaignes, qui sont riches en amidon et contiennent peu de matières grasses par rapport aux autres noix) ainsi que les arachides (Ros, 2015).

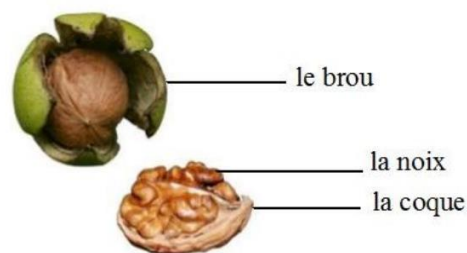


Figure 2: Photographie de la coque de noix (Khaoula and Siham 2020).

III.3. Composition des noix

III. 3.1. Lipides

Les noix sont riches en plusieurs nutriments, bien qu'elles présentent de grandes différences entre elles et des variations mineures mais parfois encore importantes au sein des cultivars. La teneur en lipides, qui varie entre 64,5% et 65,2%, ainsi que le profil en acides gras, sont deux des paramètres qui peuvent changer considérablement lorsqu'il s'agit de la composition des noix (Tableau V). Outre ces grandes variations entre les espèces de noix, des changements dans la

teneur en lipides et le profil peuvent également se produire en raison de plusieurs autres facteurs, le génotype étant l'un des plus influents sur la composition des noix (Gonçalves *et al.* 2023).

III.3.2. Glucides

Les glucides présents dans le noyau des noix comprennent le sucre réducteur, le saccharose, la raffinose, le mannitol, la dextrine, l'amyloïde, l'amidon, la cellulose et le tanin. Le mannitol est le principal dérivé de sucre présent dans le lait des jeunes noix. Cependant, il n'est pas présent dans le lait des noix mûres, où le principal sucre est le saccharose.

Le saccharose, quant à lui, est le sucre prédominant dans les noix. L'amidon présent dans les arachides diminue lors du processus de torréfaction (Young and Staff 2000).

III.3.3. Protéines

Les noix constituent une riche source de protéines (15,2g/100g) et d'acides aminés essentiels (tableau V) (Ros ,2015). La teneur en protéines peut également varier au sein d'une même espèce de noix, et d'autres facteurs tels que l'année de récolte, le stockage post-récolte et même la méthode de transformation peut affecter cette teneur. Les protéines de stockage des graines sont le principal type de protéines présentes dans les noix et sont responsables des allergies aux noix (Gonçalves *et al.* 2023).

Il y a une variation significative dans la composition en acides aminés essentiels et non essentiels de chaque noix. Les protéines des noix sont principalement composées d'acides aminés hydrophobes, suivis d'acides aminés acides, basiques et hydrophiles (Martínez, Labuckas *et al.* 2010).

La composition et la dominance des acides aminés essentiels et non essentiels peuvent avoir une incidence sur divers attributs des noix, tels que le goût, l'arôme ou même la couleur, ce qui peut être utilisé, par exemple, pour caractériser les différents cultivars de noix (Gonçalves *et al.* 2023).

Tableau V: Composition moyenne et valeur énergétique des noix (par 100g) (Ros, 2015).

	Protéines (g)	Lipides (g)	Fibres (g)	Sodium (mg)	Potassium (mg)	Calcium (mg)	Energie (kJ)
Noix	15,2	65,2	6,4	2	441	98	2738

III.3.4. Micronutriments

➤ Vitamines

Les vitamines jouent un rôle essentiel dans une alimentation équilibrée et saine. Les noix contiennent des vitamines liposolubles telles que l'acide ascorbique, les vitamines B1, B2, B3 et B6, ainsi que des antioxydants comme l' α -tocophérol (vitamine E), qui favorisent une meilleure santé. Ces composés sont importants dans la lutte contre le processus de vieillissement, l'amélioration des fonctions cérébrales et la promotion d'une peau saine. Selon plusieurs études menées par des chercheurs, la vitamine C (acide ascorbique) est un antioxydant essentiel pour les cellules du côlon chez l'homme. La valeur nutritionnelle des noix dépend de leur composition chimique (Gonçalves *et al.* 2023).

➤ Minéraux

Les noix sont également des sources riches en minéraux tels que le magnésium et le potassium. Ces dernières années, une consommation accrue de noix a été considérée comme bénéfique pour la santé humaine en raison de leur apport en certains minéraux, et elles sont souvent considérées comme des collations saines pour le cœur lorsqu'elles sont consommées avec modération. Les noix constituent une source alimentaire importante de minéraux tels que le cuivre et le magnésium, qui peuvent aider à protéger contre les maladies coronariennes. Bien qu'elles soient également assez riches en potassium, leur teneur en calcium est moins élevée (Gonçalves *et al.*, 2023 ; Pradhan *et al.*, 2020).

III.4. Différentes utilisations des noix

Les noix sont largement utilisées dans l'alimentation (figure 2), que ce soit dans des desserts ou dans des plats salés (Khaoula and Siham 2020). Dans la médecine traditionnelle iranienne, le noyau était utilisé pour traiter les maladies inflammatoires intestinales pour le traitement des maux d'estomac et la toux. De plus, le noyau a été utilisé comme traitement antimicrobien, anthelminthique et anti diarrhéique dans les médecines traditionnelles (Jahanban-Esfahlan, Ostadrahimi *et al.* 2019). Les noix sont également utilisées pour fabrication de huile ainsi que farine et lait végétale (Ahmed, Sharmeen *et al.*, 2020).

I. Matériels et Méthodes

L'objectif visé par notre étude expérimentale consiste dans un premier temps, à extraire du lait végétal à partir de deux matières premières qui sont les cacahuètes et les noix. Ensuite, ce lait fera l'objet d'un essai de fabrication d'un yaourt à boire selon deux recettes différentes : un yaourt fabriqué à partir de mélangez 50% de lait de noix et 50% de lait de cacahuète (YNC), tandis qu'un deuxième est préparé à partir de 50% lait de noix et 50% lait de cacahuète grillées (YNCg), élaborés dans les mêmes conditions; ensuite, comparer les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels des produits ainsi obtenus.

Ce travail actuel est partiellement réalisé à l'entreprise **RAMINA**, localisée dans la wilaya de **BEJAIA** sur la route **D'OUED-GHIR**, plus précisément au village **IREZA**. L'autre partie est faite au **laboratoire de microbiologie** à l'**Université Abderrahmane Mira** de **BEJAIA**.

I.1. Démarche expérimentale

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

- 1- Préparation du lait de cacahuète et du lait de noix.
- 2- Analyses physico-chimiques des matières premières (le mélange de lait de noix et de lait de cacahuètes).
- 3- Préparation du yaourt à boire.
- 4- Détermination des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des produits obtenus.
- 5- Réalisation des analyses sensorielles pour apprécier l'acceptabilité de nos produits par le consommateur.

I.2. Matériel

I.2.1. Matières premières

- ✓ **Le lait de cacahuète** est préparé à partir de la graine de cacahuètes.
- ✓ **Le lait de noix** est préparé à partir de la graine de noix.
- ✓ **Le ferment lactique** utilisé est un pot de yaourt nature Soummam.
- ✓ **Le sucre** utilisé est du saccharose de marque Cevital.
- ✓ **L'eau minérale** Toudja utilisé pour préparer lait.

I.2.2. Produit fini

Yaourt à boire à base du lait de cacahuètes et lait de noix.

I.3. Méthodes

I.3.1. Processus de fabrication du lait de cacahuète et du lait de noix

Selon le protocole décrit par Sakthi et al. (2020), la préparation de la boisson végétale a été effectuée. On prépare des boissons végétales à partir de noix et de cacahuètes. L'une des boissons a été préparée avec des cacahuètes grillées à 160°C pendant 9 minutes (Buckholz et al. 1980), tandis que l'autre a été préparée avec des cacahuètes non grillées, avec les mêmes quantités d'eau et de lait de noix, et par la même façon.

Les étapes d'élaboration (figure 3) sont représentées dans le diagramme suivant :

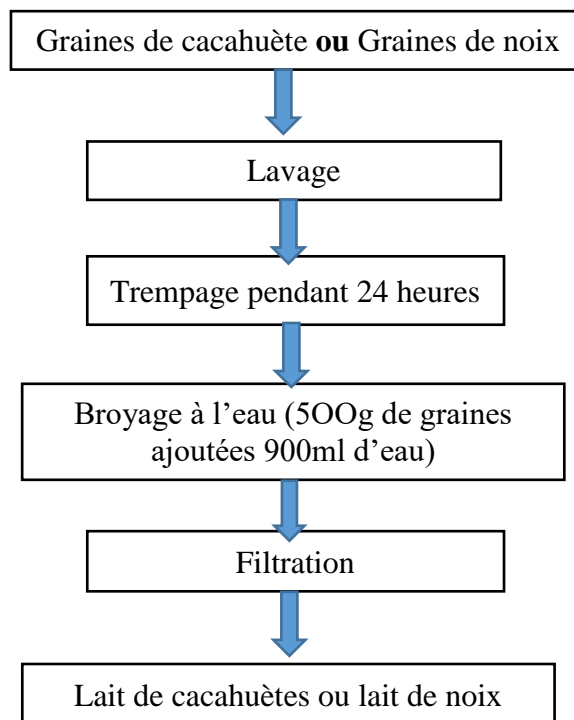


Figure 3 : Diagramme de production du lait de cacahuète et des laits de noix (Sakthi et al. 2020 ; Özpapas and Özer, 2021)

I.3.2. Processus de fabrication du yaourt à boire

La préparation du yaourt végétale a été réalisée selon le protocole décrit par (Carol et Vignola, 2002). Les étapes d'élaboration sont représentées dans le diagramme suivant :

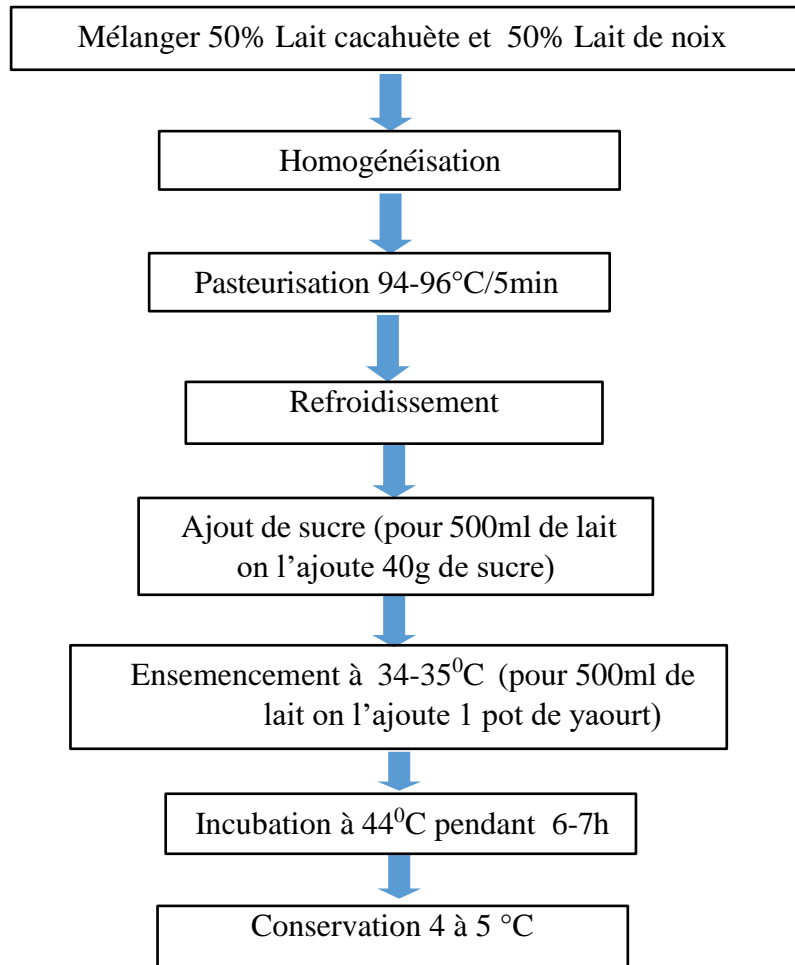


Figure 4 : Diagramme de fabrication du yaourt à base de lait de cacahuètes et de lait de noix (Carol et Vignola, 2002).

I.4. Analyses physico-chimiques

I.4.1. Mesure du Potentiel d'Hydrogène pH

✓ Principe

Le principe consiste à mesurer la différence de potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence réunies en un système d'électrodes combinées. Le pH et la température ont été mesurés directement à l'aide d'un pH-mètre électronique après immersion de l'électrode dans un bécher contenant l'échantillon de lait frais à analyser (Amiot, Fournier *et al.* 2002).

✓ Mode opératoire

Étalonner le pH mètre avec deux solutions tampon, ensuite, introduire l'électrode dans le produit, et mesure le pH. La lecture du résultat se fait directement sur le pH mètre.

I.4.2. Détermination de l'extrait sec total (matière sèche)

✓ Principe

Cela consiste à faire évaporer l'eau d'une prise d'essai afin de déterminer par la pesée, la quantité de matière sèche restante après dessiccation totale de la prise d'essai. Elle est habituellement indiquée en pourcentage.

$$\text{MG \%} = \text{B-A}$$

A : poids de la coupelle vide.

B : poids de la coupelle après séchage.

✓ Mode opératoire

La température du dessiccateur est réglée à 120°C pendant 25 minutes, puis 3 g de yaourt sont étalés uniformément sur une coupelle tarée. La valeur est directement lue sur l'écran de l'appareil.

I.4.3. Dosage des sucres par la méthode colorimétrique à l'anthrone

✓ Principe

Le dosage des sucres a été effectué par la méthode colorimétrique à l'anthrone, ce dernier réagit avec tous les oses, diosides et polysaccharides. L'anthrone est dissout en milieu sulfurique concentré, il apparait de couleur jaune claire et donne avec les solutions glucidiques une coloration allant du vert au bleu vert, selon la concentration en glucide (Bachelier et Gavinelli, 1996).

✓ Mode opératoire

Mettre 0,1 g du produit dans un bécher, ajouter 0,5mL de solution carrez 1 et 0,5 mL de solution carrez 2. Le mélange est transvasé dans une fiole de 25mL. Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge en agitant bien. Filtrer la solution, puis dilué à 1/10. 1mL de la dilution est additionné de 2mL d'anthrone à 0,1%. Agiter et chauffer à 100°C/10min. Après refroidissement, l'absorbance est mesurée à 625nm contre un blanc (Kubrak *et al.*, 2012).

✓ Expression des résultats

Les teneurs en sucres sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec le glucose. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de glucose par gramme de poudre sèche (mg Eq. Glu/g de Ps).

I.4.4. Dosage des protéines par la méthode de Lowry

✓ Principe

Le principe repose sur le développement d'une coloration bleue foncée suite à l'addition à la solution protéique d'un sel de cuivre en milieu alcalin, puis du réactif de Folin Ciocalteu. La coloration résulte de la réaction d'oxydo-réduction entre l'acide phosphomolybdique et les acides aminés tyrosines et tryptophane par la tyrosine (Guillou, Pélissier *et al.* 1986). Les espèces réduites absorbent la lumière à 750nm. Le dosage des protéines est réalisé par l'emploi d'un spectrophotomètre visible. La concentration en protéines de l'échantillon analysé est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie en employant de l'albumine sérique bovine (Satpathy, Dash *et al.* 2020).

✓ Mode opératoire

Un échantillon de 0,25g de yaourt est additionné de 25mL d'eau distillée. 1mL est prélevé et additionné de 2mL du réactif de Gornall, le mélange est laissé au repos 10min puis additionné de 0,2mL du réactif de Folin-Ciocalteu et incubé pendant 20min à température ambiante. Après centrifugation à 3000rpm/10min, la lecture est faite à 750nm contre un blanc.

I.4.5. Indice d'acide

✓ Principe

Consiste à la neutralisation uniquement des acides gras libres par une solution de KOH à chaud en présence de phénolphtaléine (ISO, 1996).

✓ Mode opératoire

Un gramme de yaourt à analyser et 2.5 ml d'éthanol sont mélangés dans un bicher. Puis quelque gouttes d'un indicateur coloré phénolphtaléine est ajoutés. La solution est titrée avec de KOH de 0.01N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante (10 secondes). On note le volume de KOH nécessaire à la pour neutralisation (Péra, 1998).

✓ Expression des résultats

L'indice d'acide est calculé par l'expression suivante et exprimé en mg de KOH/g de produit:

$$\text{Indice d'acide} = M1 \times V \times N / P$$

M1: masse molaire de KOH = 56,1 g/mol.

N : normalité de KOH à 0.01N.
V : volume de KOH nécessaire au titrage.
P : poids de la prise d'essai.

I.4.6. Indice de peroxyde

✓ Principe

L'indice de peroxyde représente la quantité de substances de l'échantillon exprimée par meq d'O₂ actif / kg, qui oxydent l'iodure de potassium. Le protocole décrit par le règlement CEE 2568/91 a été adopté pour la détermination de cet indice (Péra ,1998).

✓ Mode opératoire

Un échantillon de 2g de yaourt est introduit dans une fiole à col rodé, 10ml de chloroforme sont ajoutés, tout en agitant, afin de dissoudre l'huile, ensuite 15ml d'acide acétique glaciale et 1ml d'iodure de potassium saturé sont ajoutés, la fiole est bouchée rapidement, puis agitée vigoureusement pendant 1 minute et laissée l'obscurité pendant 5 min à température ambiante. 75 ml d'eau distillée sont ensuite à ajouter ainsi que quelques gouttes d'empois d'amidon, le tout est titré avec le thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) à 0,1N en agitant vigoureusement (Péra, 1998)

✓ Expression des résultats

L'indice de peroxyde est donné par l'expression suivante :

$$\text{IP (meq d'O}_2\text{/ kg)} = \text{N (V-V}_0\text{)} \times 1000/\text{m}$$

N : Normalité Na₂S₂O₃ (0,1 N) ;

V, V₀ : Volume en ml de Na₂S₂O₃ nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc, respectivement

m : Masse en gramme de la prise d'essai.

I.4.7. Dosage de la matière grasse par méthode gravimétrique

La méthode gravimétrique est une technique simple et courante pour déterminer la teneur en matière grasse dans les produits alimentaires, tels que les yaourts végétaux. Cette méthode implique l'extraction de la matière grasse du produit à l'aide d'un solvant, puis la mesure du poids de la matière grasse extraite (Mujinga *et al.*, 2009).

✓ Mode opératoire

- Peser 2 grammes de yaourt végétal dans un tube de centrifugation ;
- Ajouter 10 ml de solvant d'extraction (Acétone) et mélanger vigoureusement ;
- Centrifuger a 3000 rpm pendant 10 min ;

- Récupérer le surnageant (phase grasse) et le filtrer sur papier filtre ;
- Evaporer le solvant d'extraction dans un incubateur ;
- Peser après séchage.

✓ **Expression des résultats**

La teneur en matière grasse exprimée en pourcentage, est calculée par la formule suivante:

$$\text{Teneur en matière grasse \%} = \left(\frac{\text{poids de la matière grasse}}{\text{poids de l'échantillon}} \right) \times 100$$

I.5. Etude statistique

Les résultats rapportés sur les paramètres physicochimiques sont exprimés par les moyennes plus ou moins les écarts types standards de trois mesures. Pour la comparaison des résultats obtenus, un test de Student est réalisé à l'aide d'un logiciel (STATISTICA 5,5) et le degré de signification des données est pris à la probabilité ($P < 0.05$).

I.6. Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique est un élément clé du programme de salubrité des aliments pour vérifier et assurer une bonne qualité hygiénique de produit, car la contamination microbiologique peut diminuer la durée de vie et la qualité du produit et causer des éclosions de maladies d'origine alimentaire. La contamination peut survenir à n'importe quel stade du procédé de fabrication. Les résultats de l'analyse microbiologique vous aideront à cerner et à régler les problèmes et à améliorer la salubrité et la qualité de produit. Les analyses effectuées dans cette étude sont portées sur : *la flore aérobie mésophile totale (F.A.M.T), les coliformes totaux et fécaux, les levures et moisissures, Clostridium* (Tableau VI).

Tableau VI: Microorganismes recherchés dans le yaourt à base du lait de cacahuète et lait de noix.

Germes Recherchés	Milieux de culture	Type d'ensemencement	Température d'incubation	Durée d'incubation
<i>F.A.M.T</i>	PCA	En masse	30 °C	3 jours
<i>Les coliformes Fécaux</i>	VRBL	En masse	44°C	24 h
<i>Les coliformes totaux</i>	VRBL	En masse	30°C	24 h
<i>Streptococcus thermophilus</i>	M17	En masse	44°C	48 h
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	MRS	En masse	44°C	48 h
<i>Clostridium</i>	VF	En masse	44°C	72 h
<i>Les levures et moisissures</i>	YGC	En masse	25-27°C	5 jours

I.6.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

✓ Principe

Les germes aérobies mésophiles totaux peuvent se développer dans un milieu nutritif gélosé exempt d'inhibiteur et d'indicateur défini (PCA) à 30°C pendant 3 jours. Après incubation ils apparaissent sous forme de colonies lenticulaires en masse (Degnon *et al.*, 2020).

✓ Mode opératoire

Noter sur des boîtes de Pétri : la date, le nom du produit et le milieu de culture. A partir de la solution mère à l'aide d'une pipette Pasteur porter 1 mL et l'ensemencer dans la boîte de Pétri correspondante vide et stérile. Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA. Faire des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger puis laisser solidifier, rajouter après une deuxième couche d'environ 5 mL. Incuber les boîtes de Pétri à 30°C pendant 72 heures, en faisant une lecture après 24 heures.

I.6.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et Fécaux

✓ Principe

Les Coliformes sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de

fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température de 37°C. Le milieu utilisé est le milieu (VRBL), contenant les sels biliaires, le cristal violet et le rouge neutre comme agents sélectifs, qui inhibent la croissance de la flore secondaire Gram+ (Degnon *et al.*, 2020).

✓ **Mode opératoire** : identique à celui utilisé pour la FMAT.

I.6.3. Recherche et dénombrement de la Flore lactique

Les bactéries lactiques forment un groupe très hétérogène présentant les caractères généraux suivants : elles sont à Gram +, micro-aérophiles ou anaérobies facultatifs, ne réduisant pas les nitrates, peu ou pas protéolytiques dans le lait. Elles fermentent les sucres dans des conditions diverses. Parmi les genres appartenant à cette flore, on cite les *Streptococcus* (ou *Lactococcus*), les *Lactobacillus*.

✓ Préparation des dilutions

Cette analyse est entamée par la préparation d'une série des dilutions, en prélevant 1 ml d'échantillon à l'aide d'une micropipette, mélangé avec 9 ml de TSE dans un tube, est ainsi la première dilution 10^{-1} est obtenue (figure 5). Ainsi la préparation des dilutions jusqu'à l'obtention de la dilution 10^{-3} , cette préparation est effectuée dans des conditions hygiéniques.

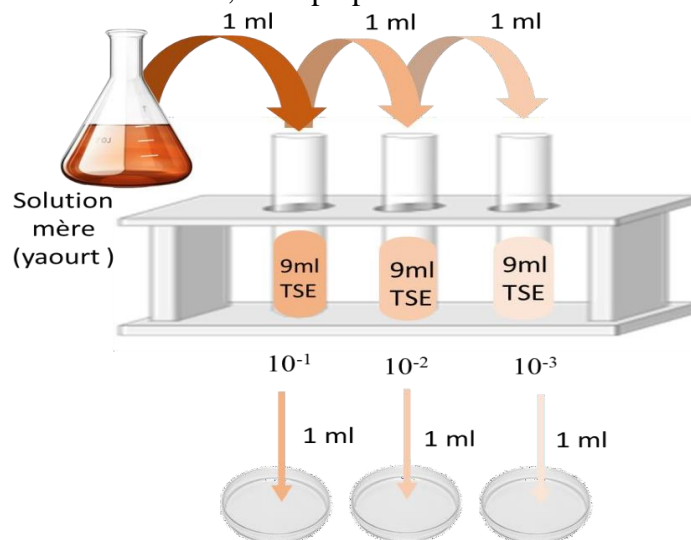


Figure 5: Dilutions décimales des échantillons de yaourts à analyser.

✓ Mode opératoire

Noter sur des boîtes de Pétri : la date, le nom du produit et le milieu de culture. A partir des dilutions (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3}) et à l'aide d'une pipette Pasteur porter 1 mL dans une boîte de Pétri vide, verser ensuite la gélose (MRS, M17). Faire des mouvements circulaires et va et vient en

Forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger. Laisser solidifier sur la paillasse puis incubé à 44°C pendant 2 jours.

I.6.4. Recherche et dénombrement de *Clostridium* sulfito-réducteurs

Clostridium est un genre de bactéries anaérobies à Gram positif, sporulés, immobiles, dont certaines espèces sont associées à des maladies potentiellement graves. Ils se multiplient facilement sur les milieux ordinaires, en général mésophiles, très répandus dans la nature, en particulier dans le sol ; ils contaminent de nombreux produits.

L'ensemencement est réalisé dans les tubes en doubles couches, le milieu utilisé est le milieu VF (viande foie) et l'incubation à lieu à 44°C, pendant 48h.

✓ Mode opératoire

Faire une dilution du yaourt (10g de yaourt sont mélangés avec 90 mL de TSE). Prélever 2 mL de la dilution et les verser dans un tube à essai. Mettre les tubes dans un bain marie à 80°C/10 min afin de détruire les formes végétatives et d'activer les spores. Refroidir par une eau glacée, puis ajouter la gélose VF. Laisser solidifier sur la paillasse, et ensuite rajouter après une deuxième couche fine. Incuber les tubes à 46°C/48 heures. Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont observés sous forme de colonies noires.

I.6.5. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

✓ Principe

Il repose sur l'emploi d'un milieu de culture solide rendu sélectif par acidification et/ou avec l'addition d'un antibiotique qui inhibe le développement de la flore bactérienne.

✓ Mode opératoire

Noter sur des boîtes de Pétri : la date, le nom du produit et le milieu de culture. A partir de la solution mère à l'aide d'une pipette Pasteur porter 1 mL dans une boîte de Pétri vide. Compléter ensuite avec de la gélose YGC. Faire ensuite des mouvements circulaires et va et vient en forme 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger. Laisser solidifier sur la paillasse. Incuber à 27/25 °C pendant 5 jours.

I.7. Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle peut être assimilée à un test de préférence ou à un test d'acceptabilité (Schlich *et al.*, 2010). Le test de préférence implique la confrontation de deux ou plusieurs produits pour en choisir un ou les classer en fonction de la préférence du sujet. Le test d'acceptabilité consiste à attribuer une note à chaque produit de l'étude sur une échelle.

Au cours de cette évaluation, chaque dégustateur a reçu trois échantillons codés A, B et C mentionnés dans le tableau VII. Elle a été réalisée en deux étapes : une évaluation hédonique et une évaluation sensorielle.

Tableau VII : Codage des échantillons à déguster.

Code	Indication
A	Yaourt à base de lait de noix et de cacahuètes non grillées
B	Yaourt à base de lait de noix et de cacahuètes grillées
C	Yaourt à boire à basse de lait animal

Dans l'analyse hédonique, les échantillons sont présentés de manière monographique et le sujet doit exprimer son avis concernant leur caractère agréable sur une échelle de notation ou sur une échelle d'intervalle (Depledt *et al.*, 2009). 120 sujets ont participé au test de dégustation et ont répondu à un questionnaire présenté en notant sur une échelle de préférence de 1 à 9 (Annexe 3).

L'analyse sensorielle a été évaluée par un groupe de 12 individus experts, au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle à l'université A. Mira de Bejaia. Des critères ont été évalués selon un questionnaire présenté en notant sur une échelle d'évaluation de 1 à 5 et la préférence a été notée de 1 à 9.

Ces critères inclus : la couleur, l'odeur, l'arôme, la sucrosité, texture, l'acidité, la consistance et la préférence (Annexe 4). L'analyse statistique a été réalisée par le logiciel XL-STAT après traitement des données sensorielles, les tests sélectionnés pour l'interprétation sont :

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

II. Résultats et discussion

II.1. Paramètres physico-chimiques des laits végétaux

Les analyses physico-chimiques sont effectuées pour la matière première qui est le lait végétal (NC ; NCg), et les résultats sont représentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Paramètres physico-chimiques des laits végétaux.

Produit \ Paramètre	pH	Extrait sec total (g/l)	Taux de matières grasses (%)	Taux de sucres totaux (%)	Indice d'acide (mg de KOH/g)	Indice de peroxyde (meq d'O2/kg)
Lait (NC)	6,07	23,7	0,98	4,71	2,16	18,51
Lait(NCg)	6,07	23,8	0,83	4,56	1,15	14,25

II.1.1. pH et indice d'acide

La détermination du pH offre un moyen simple et rapide sur l'état de la fraîcheur du lait (Mathieu 1998, Fayolle 2015).

Les résultats de pH des deux laits (NC, NCg) indiquent une légère acidité pour un lait frais. En comparant ces valeurs (6,07 pour les deux laits) avec la norme du lait végétal qui est généralement entre (6,8 et 6,9), elles sont légèrement acides. Cela peut être dû à la fermentation naturelle des bactéries lactiques présentes dans l'environnement (Diarra, Nong *et al.* 2005).

La valeur d'indice d'acide obtenue pour le lait NC (2,16mg de KOH/g MG) est légèrement élevée par rapport à la valeur du lait NCg (1,15mg de KOH/g MG). D'après le résultat trouvé, l'acidité de nos deux laits est très faible, ce qui leur confère une moyenne stabilité à oxydation.

II.1.2. Extrait sec total (EST)

L'extrait sec est la quantité de la matière sèche contenue dans 1 litre de lait végétal qui doit être comprise dans l'intervalle 20-70 g/L selon l'Organisation de l'alimentation FAO et le Codex Alimentarius.

La teneur en matière sèche dans les deux laits (NC ; NCg) est de 23,7g/L et 23,8g/L respectivement. Ces valeurs sont dans l'intervalle de la norme des laits végétaux.

II.1.3. Taux de matières grasses (MG)

La teneur en matières grasses du lait (NC) est de 0,98%, légèrement plus élevée par rapport à celle du lait NCg qui est de 0,83%. Ces valeurs sont un peu inférieures à celle du lait de soja (3-8%) et celle du lait d'amande (1-6%) (FDA, 2024).

II.1.4. Teneur en sucres totaux

Le taux de sucres totaux est la quantité totale des sucres présents dans un produit laitier d'origine végétal. Les résultats indiquent que le lait NC présente un taux de sucres totaux de 4,71%, légèrement supérieur à celui du lait NCg qui est de 4,56%. Ces valeurs sont dans l'intervalle d'un lait d'amande nature 3-6% selon l'article de Lacey Muinos.

II.1.5. Indice de peroxyde

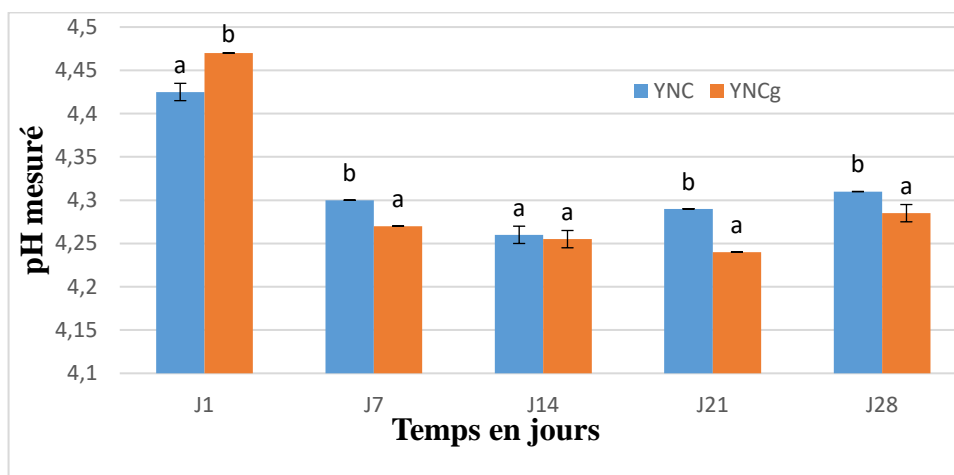
L'indice de peroxyde est un critère de qualité, qui permet de voir l'état d'oxydation de la matière grasse et de contrôler les premières étapes de l'altération oxydative.

Les valeurs obtenues sont inférieures à 20 méq g O₂ / kg MG. Le lait NCg a une valeur de 14,25 méq g O₂ / kg MG et est inférieure au résultat trouvé par Popovici, Baerle *et al.* (2017) qui ont travaillé sur le lait de noix.

II.2. Paramètres physico-chimiques des deux yaourts

II.2.1. pH

Le pH final des laits fermentés et des yaourts diminue progressivement avec la production d'acide lactique (Béal and Helinck 2019).



Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèlent aucune différence à ($p > 0,05$).

Figure 6: Evolution du pH des deux yaourts en fonction du temps.

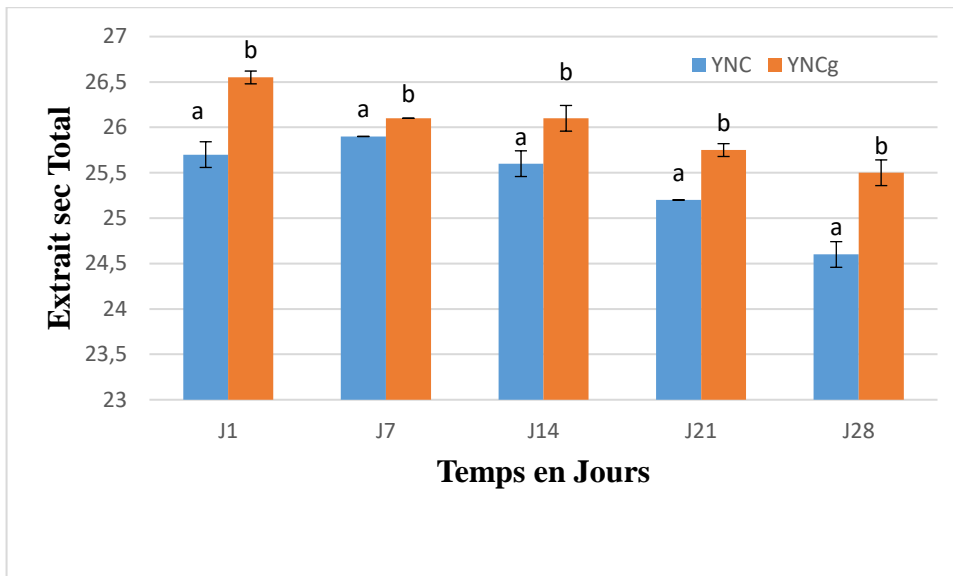
Durant toute la période de post-acidification, les valeurs du pH marquent une légère décroissance pour les deux yaourts (YNC ; YNCg) à partir du 1^{er} jour jusqu'au 21^{ème} jours de

stockage (Figure 6). Cependant, à partir de J21 nous remarquons que les deux yaourts présentent une valeur de pH qui augmente légèrement. L'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les deux yaourts à ($p > 0,05$) pour le 14^{ème} jours.

Le pH des deux yaourts (N/C et N/Cg) est de $4,43 \pm 0,01$ et $4,47 \pm 0,00$ respectivement qui sont acceptables pour un lait fermenté ou un yaourt avec un pH entre 4.2 et 4.8 (Sanful 2009, Debon, Prudêncio *et al.* 2010).

II.2.2. Extrait sec total (EST)

La teneur en matière sèche dans le yaourt (YNCg) est plus élevée $26,55 \pm 0,07$ g/L que l'extrait sec total du (YNCg) qui est de $25,70 \pm 0,14$ g/L (Figure 7). Selon le Règlement (UE) n° 1169/2011, l'extrait sec total des yaourts végétaux doit être d'au moins 35 g/L cela signifie que les deux yaourts sont dans la norme.



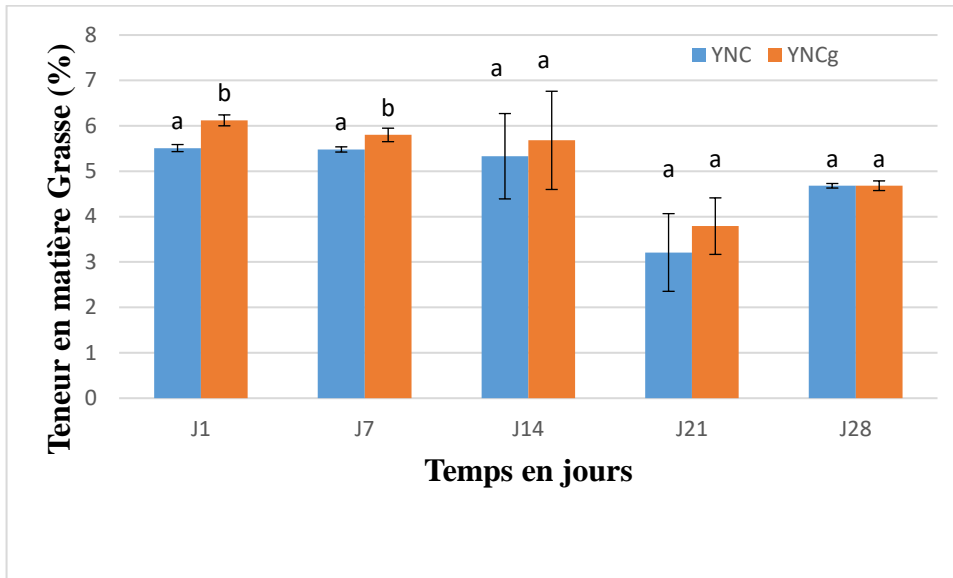
Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèle aucune différence à ($p > 0,05$).

Figure 7: Evolution de l'EST des deux yaourts en fonction du temps.

D'après les résultats obtenues après le suivie de l'extrait sec total des deux yaourts on remarque une petite diminution avec le temps principalement en raison de la séparation des composants liquides et solides et ils sont statiquement différents à ($p < 0,05$), le yaourt YNCg ayant la valeur la plus élevée.

II.2.3. Taux de la matière grasse (MG)

La teneur en matière grasse dans le yaourt YNCg est de $6,12 \pm 0,12\%$ est légèrement plus élevée par rapport au yaourt YNC qui est de $5,51 \pm 0,08\%$. Ces valeurs sont entre l'intervalle de norme de le Codex Alimentarius qui est entre (0-10)%



Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèle aucune différence à ($p > 0,05$).

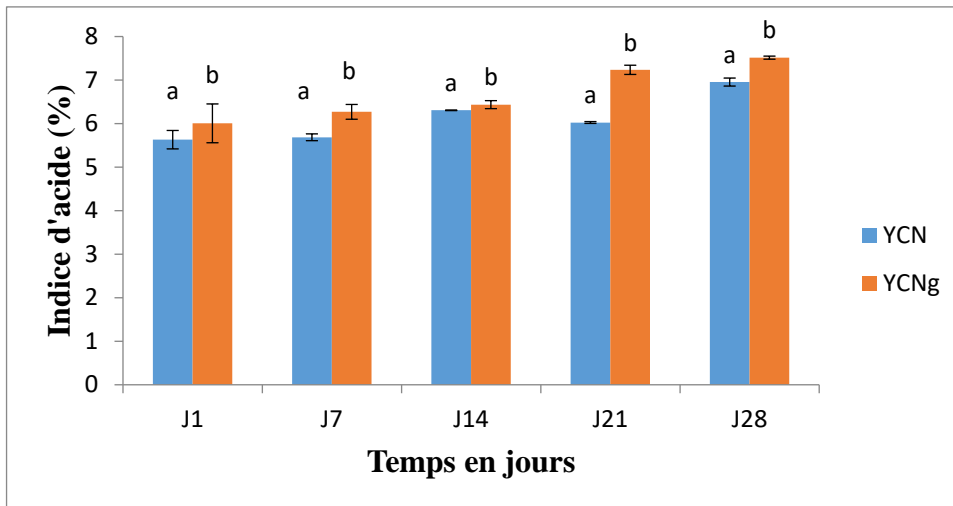
Figure 8: Evolution de la teneur en MG des deux yaourts en fonction du temps.

La diminution de la teneur en matière grasse (MG) dans les deux yaourts (Figure 8) avec le temps de J1 à J28 peut être due à plusieurs facteurs tels que le processus d'oxydation, les interactions avec d'autres composants du yaourt. Il y a une différence significative à ($p < 0,05$) à J1 et J7 par contre aucune différence significative n'est observée entre les deux yaourts à J14, J21 et J28 ($p > 0,05$).

II.2.4. Indice d'acide

Nous remarquons que les valeurs d'indice d'acide obtenues pour les yaourts YNC et YNCg sont de $5,63 \pm 0,21$ mg de KOH/g MG et $6,01 \pm 0,45$ mg de KOH/g MG respectivement (Figure 9) à J1 et elles sont plus élevées que les résultats obtenus par Ahmed, Sharmeen et al. (2020). Il y'a une différence significative entre les deux produit à ($p < 0,05$).

D'après les résultats trouvés durant le suivi de l'indice d'acide des deux yaourts (YNC) et (YNCg) nous remarquons une augmentation de celui-ci de J1 jusqu'à le J28. Des résultats semblables ont été trouvés pour les yaourts enrichis en pistaches, amandes et noix (Ozturkoglu-Budak, Akal *et al.* 2016).



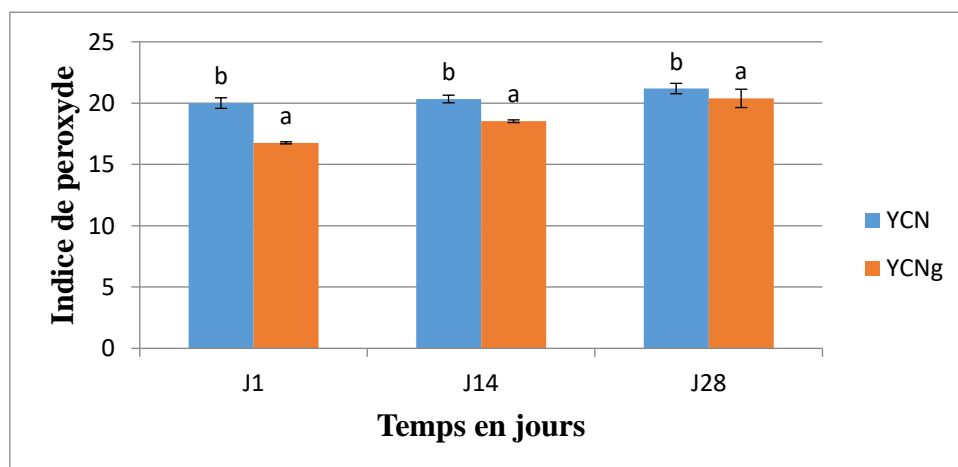
Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèle aucune différence à ($p > 0,05$).

Figure 9 : évolution de l'indice d'acide des deux yaourts en fonction du temps.

II.2.5. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde du yaourt YNC est supérieur à celui du yaourt YNCg (Figure 10) cela peut indiquer une oxydation excessive des acides gras de (YCN) ou leur auto-oxydation (Lindmark-Månsson and Åkesson 2000). D'après l'étude statique l'indice de peroxyde du yaourt YNC est significativement inférieur à celui du yaourt YNCg ($p < 0,05$).

Les résultats obtenus à J28 sont légèrement plus élevés à ceux de J1 ce qui peut affecter le goût, l'odeur et la qualité nutritionnelle du yaourt. Il est essentielles de maintenir la qualité et la stabilité du produit par la réfrigération et la protection contre la lumière et l'exposition à l'oxygène (Smith and Dunkley, 1962).

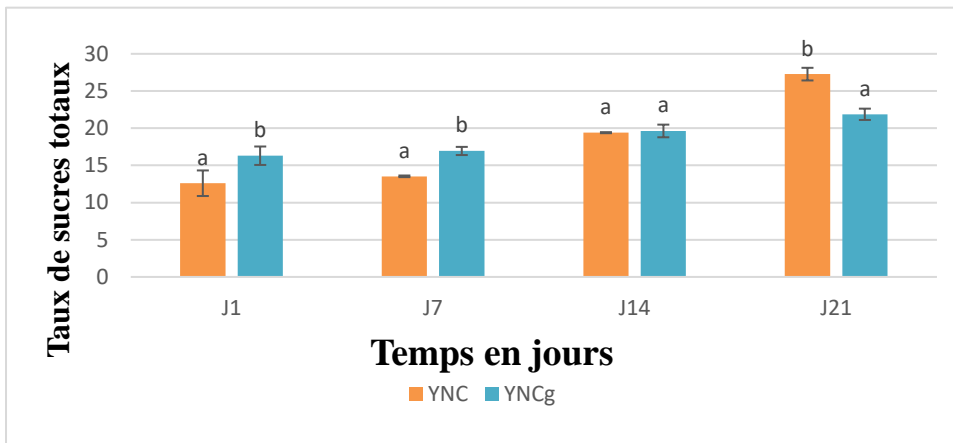


Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèle aucune différence à ($p > 0,05$).

Figure 10 : Evolution de l'indice de peroxyde des deux yaourts en fonction du temps.

II.2.6. Teneur en sucres totaux

Le taux en sucres totaux dans YNC est légèrement inférieur à celui de YNCg qui est de $12,60 \pm 1,72\%$ et $16,30 \pm 1,24\%$, respectivement, il y'a une différence significative entre les deux yaourts à ($p < 0,05$). Une augmentation du taux de sucre total dans les deux yaourts avec le temps (Figure 11) peut être due à la dégradation enzymatique des polysaccharides, des disaccharides en sucres simples (monosaccharides), sous l'effet de l'humidité, de la chaleur et des microorganismes.



Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèle aucune différence à ($p > 0,05$).

Figure 11: Evolution de la teneur en sucres totaux des deux yaourts en fonction du temps

II.2.7. Teneur en protéines

Les protéines contribuent à la saveur, à la consistance et à la texture des produits finaux. Elles sont également utilisées comme source d'énergie (Torre, Tamime *et al.* 2003).

La teneur en protéines dans le yaourt YNCg est significativement plus élevée ($p < 0,05$) par rapport au yaourt YNC. Une légère augmentation de la teneur en protéine dans le yaourt YNCg (Figure 12) de J1 à J21 mais une grande augmentation dans le yaourt YNC. Les teneurs en protéines obtenues dans ce travail sont plus élevées que celles retrouvées par Ahmed, Sharmeen *et al.* (2020) qui ont travaillé sur un yaourt fabriqué avec du lait de cacahuète.

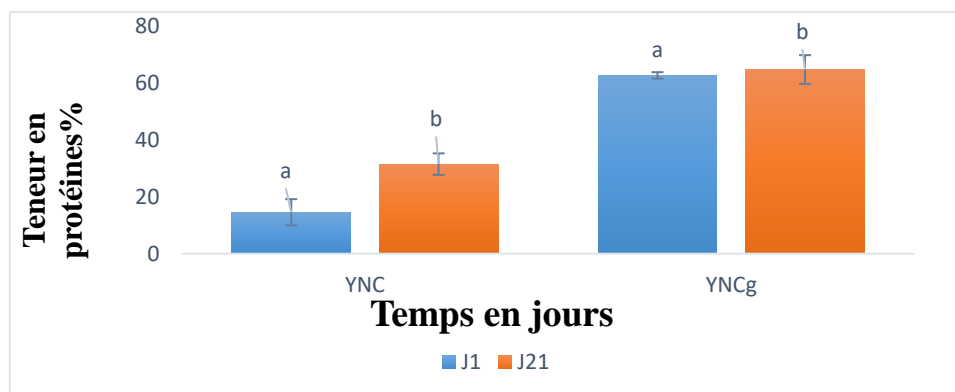


Figure 12: Evolution de la teneur en protéines des deux yaourts en fonction du temps.

Les valeurs portant les mêmes lettres sur le même histogramme ne révèle aucune différence à ($p > 0,05$).

II.3. Qualité microbiologique des yaourts

Les germes recherchés sont totalement absents dans les deux types de yaourts produits. Cette absence de microorganismes peut être expliquée par l'efficacité des traitements thermiques appliqués (pasteurisation), qui éliminent toutes les micro-organismes susceptibles d'être une source de contamination. Ceci démontre les bonnes précautions prises lors de la préparation du lait végétal et dans l'application des différentes opérations, telles que la fabrication de yaourt, suivant les pratiques d'hygiène exigées et la bonne manipulation lors des examens microbiologiques. Ces résultats sont conformes aux normes publiées dans le journal officiel de la république algérienne (JORA, 2017).

Les yaourts formulés présentent donc une qualité hygiénique acceptable qui garantira une qualité satisfaisante et sûre pour le consommateur.

D'après les résultats obtenus (Tableau IX), les deux produits, YNC et YNCg, présentent des concentrations de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* dans les limites des normes, pour toutes les dilutions testées, on observe une légère diminution du nombre de bactéries dans les dilutions plus élevées, ce qui est normal.

Les résultats confirment la présence et la viabilité des bactéries lactiques spécifiques dans les deux produits, indiquant une bonne qualité microbiologique.

Tableau IX: Résultats du dénombrement de la flore lactique.

Produit	YNC		
	Dilution	10 ⁻¹	10 ⁻²
Germes recherchés	Observation		
<i>Streptococcus thermophilus</i> UFC/ml	68 × 10 ⁴	42 × 10 ⁴	2 × 10 ⁴
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> UFC/ml	57 × 10 ⁴	31 × 10 ⁴	10 × 10 ⁴
Produit	YNCg		
<i>Streptococcus thermophilus</i> UFC/ml	63 × 10 ⁴	39 × 10 ⁴	18 × 10 ⁴
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> UFC/ml	54 × 10 ⁴	26 × 10 ⁴	8 × 10 ⁴

Le nombre de bactéries lactiques thermophiles spécifiques (*Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*)ensemencées simultanément dans les produits doit se situer entre 8 x 10⁵ et 10⁶ UFC/ml pour être considéré comme normal (Nadjri. I. 2019)

II.4. Qualité sensorielle des yaourts

La planification expérimentale joue un rôle essentiel dans l'exploitation des données collectées dans les conditions statistiques les plus favorables. Ainsi, il est nécessaire de procéder à l'évaluation des produits par un groupe de personnes, puis de les comparer dans des conditions statistiques satisfaisantes. Avant de procéder aux différents tests sur XLSTAT, un plan d'expérience a été élaboré. Après avoir enregistré les données des jurys experts dans le logiciel.

II.4.1. Test de plan d'expérience

La procédure de génération d'un plan d'expérience a été lancée pour prendre en compte les données, à savoir le nombre d'échantillons analysés ou produits (3) et le nombre de juges (n=12) pour le jury expert et n=120 pour la préférence globale. Après avoir effectué une analyse sensorielle, un plan d'expérience optimal a été identifié. Cela confirme la validité des autres tests réalisée sur XLSTAT.

II.4.2. Caractérisation des produits

Dans le cadre de l'étude sensorielle, La caractérisation des produits permet d'identifier quels sont les descripteurs discriminants des trois produits évalués et quelles sont les caractéristiques importantes des différents produits en fonction de l'évaluation des juges. Donc il s'agit d'identifier les descripteurs (couleur, odeur, texture,...) qui discriminent le mieux les produits et de déterminer les caractéristiques les plus ou moins intenses et celles qui dépendent les unes des autres.

II.4.3. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de présenter les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le pouvoir discriminant le plus faible, c'est-à-dire celui qui détermine si les caractéristiques des produits A et B sont différentes ou non, en fonction des valeurs de p. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 13 :

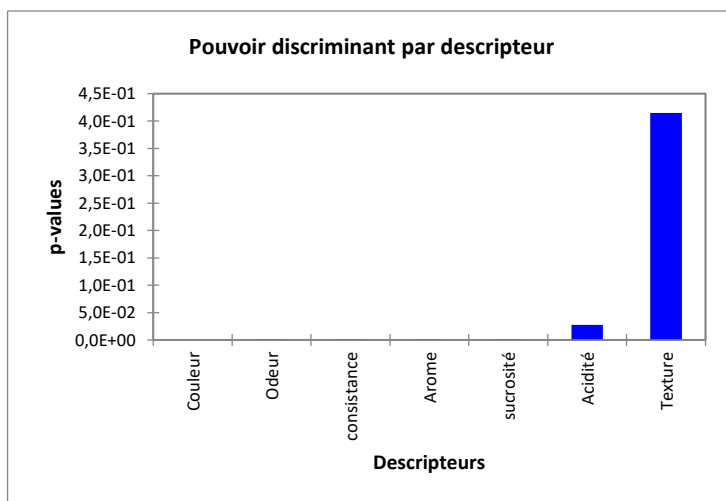


Figure 13: Pouvoir discriminant par descripteur.

Le graphique montre les valeurs numériques du pouvoir discriminant pour chaque descripteur.

- ✚ L'odeur, la consistance, l'arôme et la sucrosité ont été différenciées avec de faibles valeurs de p-values, ce qui indique que les juges ont remarqué des différences entre ces caractéristiques pour les trois échantillons présentés et ces caractéristiques changent vraiment d'un échantillon à un autre.
- ✚ La texture a la plus grande valeur de p-values ($4 \cdot 10^{-1}$), ce qui indique la différence entre les trois échantillons est très petite. Cela indique que les experts trouvent que cette caractéristique ne change pas vraiment d'un produit à un autre.
- ✚ L'acidité de valeur de $2 \cdot 10^{-2}$ indique que cette caractéristique ne change pas beaucoup pour les trois échantillons. Il s'agit d'un niveau de discrimination modéré, indiquant que les experts ont remarqué de légères différences dans ce descripteur entre les trois échantillons.
- ✚ La couleur n'a pas de valeur p, cela indique que les juges ont observé une différence de couleur entre les trois échantillons.

II.4.4. Coefficients des modèles

Dans ce test, un traitement de données a été effectué pour chaque combinaison descripteur et produit. Pour chaque combinaison, nous avons obtenu un coefficient, une moyenne estimée, une p-value et un intervalle de confiance sur le coefficient, ce qui permet de décrire à partir de ces résultats les caractéristiques une par une pour chaque produit par rapport à la moyenne des juges.

Trois histogrammes (A, B et C) représentant les coefficients du modèle ont été générés et sont représentés dans la figure 14. Celle-ci permet une visualisation rapide pour identifier les coefficients qui définissent chacun des produits.

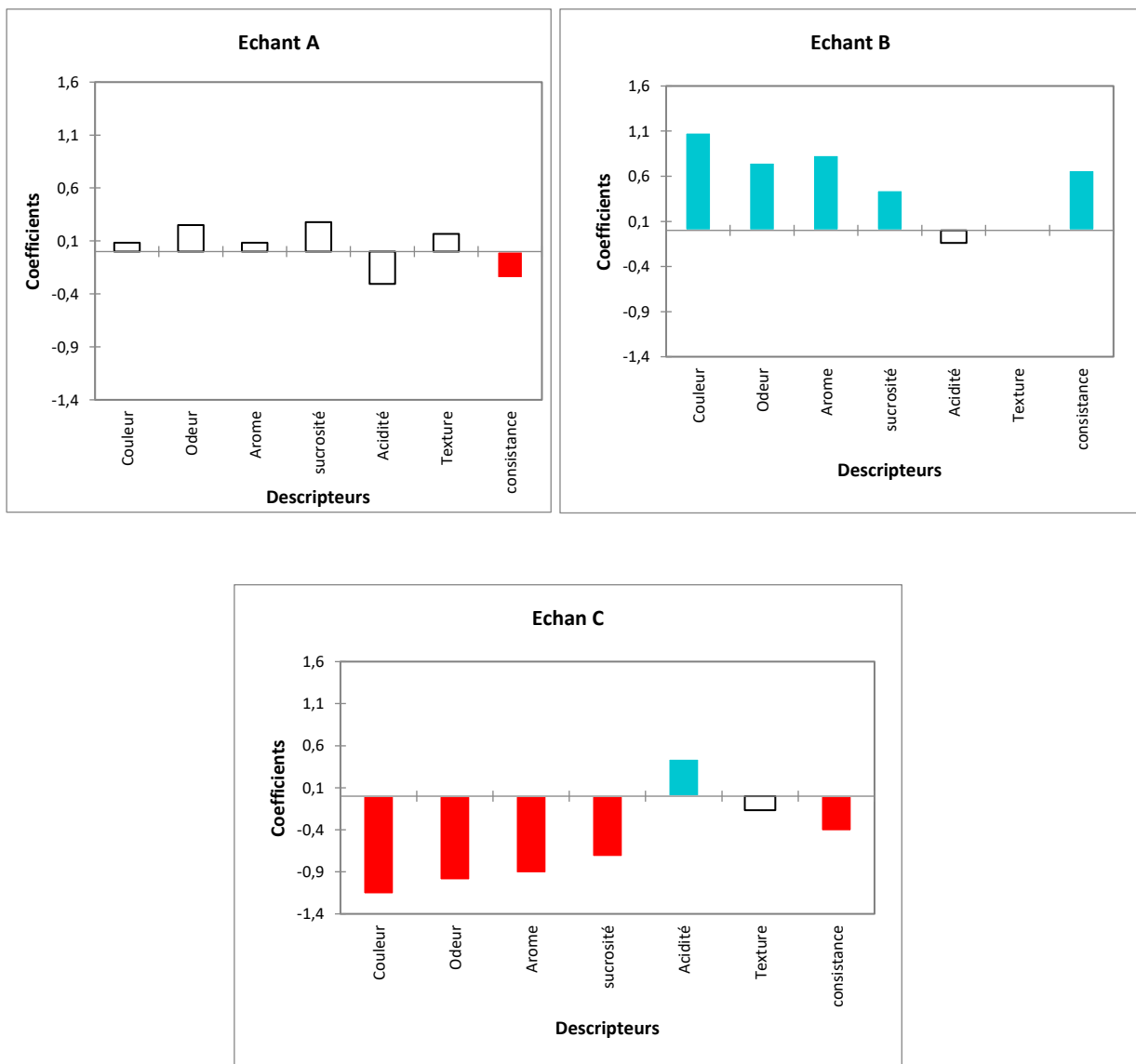


Figure 14 : Coefficients des modèles des échantillons des yaourts A, B et C.

Le graphe représente et définit les appréciations des échantillons selon les experts :

- En rouge, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatives.

En blanc les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs.

- En bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positives.

✚ Pour l'échantillon A, la consistance est représentée en rouge ce qui veut dire que cette caractéristique est inférieure à la moyenne des juges et donc faiblement intense ou moins intense par rapport au produit B et C, tandis que les autres caractéristiques (couleur, l'arôme, la sucrosité, l'odeur, acidité, texture) sont de couleur blanche donc proches de la moyenne des juges.

✚ Pour l'échantillon B, les caractéristiques couleurs, odeur, arôme, sucrosité et consistance sont représentées en bleu ce qui signifie qu'elles sont supérieures à la moyenne des juges. Cela indique une intensité plus élevée par rapport aux échantillons A, C, tandis que acidité est représentée en blanc, proche de la moyenne des juges. Cela indique qu'elles sont légèrement intenses ou moins intenses que les échantillons A et C.

✚ Pour l'échantillon C, le rouge représente une intensité inférieure à la moyenne des juges en termes de couleur, d'odeur, d'arôme, de sucrosité et de consistance. Cela signifie que ces caractéristiques sont faiblement intenses ou moins intenses par rapport aux échantillons A et B. En revanche, l'acidité est représentée en bleu, ce qui indique une intensité supérieure à la moyenne des juges, plus élevée par rapport aux échantillons A et B. La texture est représentée en blanc. Proches de la moyenne des juges, ce qui suggère qu'elle est faiblement intense ou moins intense par rapport aux échantillons A et B.

II.4.5. Moyenne ajusté par produit

Le tableau X représente les moyennes ajustées obtenues à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Les couleurs indiquent, pour le bleu ; un effet significativement positif du descripteur sur le produit et pour le rouge ; un effet significativement négatif du descripteur sur le produit. Le tableau permet de récapituler toutes les caractéristiques et de calculer la moyenne des notes attribuées par les juges pour chaque descripteur caractérisant les deux produits.

Tableau X : Moyenne ajustée par produit des yaourts A, B et C.

	Odeur	Sucrosité	Arome	Couleur	consistance	Texture	Acidité
Echant B	3,333	3,167	3,750	3,417	2,333	4,083	2,333
Echant A	2,833	3,000	3,000	2,417	1,417	4,250	2,167
Echant C	1,583	2,000	2,000	1,167	1,250	3,917	2,917

Il est possible de différencier les trois échantillons A, B et C en fonction de l'intensité de leurs caractéristiques sensorielles. L'échantillon B se caractérise par la plus grande intensité globale, alors que l'échantillon A présente une consistance significativement faible, et l'échantillon C se distingue par une intensité plus faible pour plusieurs caractéristiques mais une acidité significativement plus élevée.

II.5. Cartographie des préférences (Préférence MAPING PREFMAP)

Le Préférence Mapping (Prefmap), également connu sous le nom de cartographie des préférences, vise à créer des cartes de préférence. Dans toutes les recherches qui mettent en relation les préférences exprimées par les juges avec les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des produits, une carte de préférence joue un rôle crucial dans l'aide à la décision. Ce n'est que sur cette base que les équipes marketing pourront ajuster les produits en fonction des préférences des consommateurs.

La fonctionnalité MAPPING offre la possibilité de visualiser sur une même représentation graphique à la fois les objets et les indications du niveau de préférence des juges en certains points de l'espace de visualisation.

II.5.1. Analyse en composant principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une des techniques les plus répandues pour l'étude de données complexes. Elle permet d'explorer des données quantitatives, qu'elles soient continues ou discrètes, dans lesquelles les observations (individus, produits) sont décrites par plusieurs variables (descripteurs, attributs, mesures) et sont présentées sous forme de tableau. L'ACP est largement employé dans de multiples secteurs. Elle facilite l'étude et la visualisation des corrélations entre les caractéristiques afin d'identifier des groupes d'observations homogènes ou, inversement, des observations atypiques. La figure 15 présente la corrélation entre les variables et les facteurs.

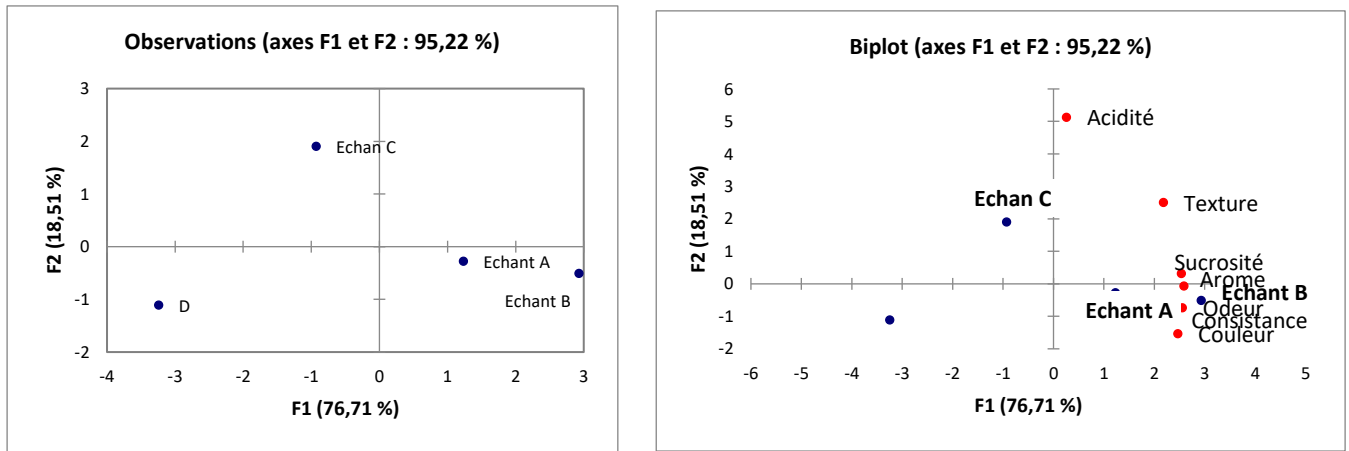


Figure 15: Corrélation entre les variables et les facteurs.

La qualité de la figure est évaluée comme étant assez bonne car elle représente 95,22% de la variabilité et de l'observation. Comme le montre cette figure, tous les descripteurs sont exposés dans le graphe. Les descripteurs « couleur », « consistance » et « odeur » sont corrélés négativement. On constate que les produits ont été considérés par les experts comme assez différents (Liu *et al.*, 2022).

II.5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique est utilisée pour constituer des regroupements successifs homogènes d'objets (classes) regroupant l'ensemble des individus sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité ou la dissimilarité entre les objets. Dans notre cas le nombre de classe est fixé à 5 et chaque classe de sujets à des préférences pour les produits A, B ou C comme présenté dans la figure 16:

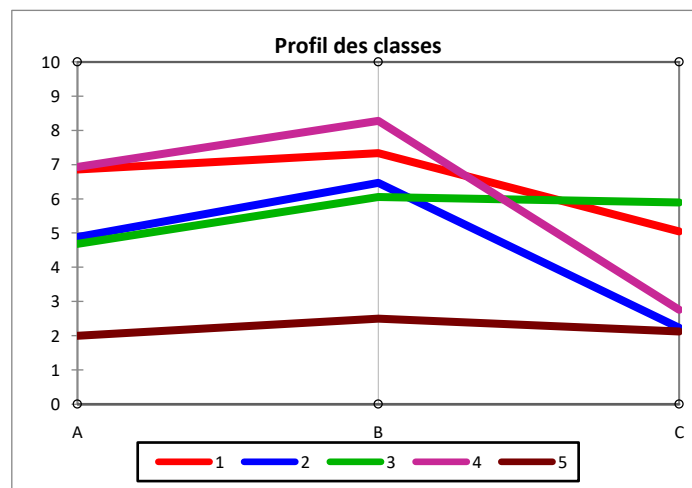


Figure 16 : Profil des différentes classes.

L'utilisation de l'analyse des données CAH permet de créer divers tableaux et graphiques. La représentation visuelle du profil des classes (obtenue à partir des données de préférences) permet de comparer les moyennes des différentes classes créées.

- ✚ Les classes 1, 2 et 4 : Le yaourt B est préféré en première position, suivi du yaourt A et en troisième position du yaourt C.
- ✚ La classe 3 préfère le yaourt B en tête, suivi du yaourt C et du yaourt A en troisième position.
- ✚ La classe 5 préfère le yaourt B en tête, suivi du yaourt A et C dans la même position.

II.5.3. Synthèse de mapping des préférences

La figure 17 définit la courbe des niveaux et la carte de la préférence. Elle représente la superposition des résultats de l'ACP et de la CAH, et permet de faire le lien entre les préférences des différentes classes avec les caractéristiques des produits.

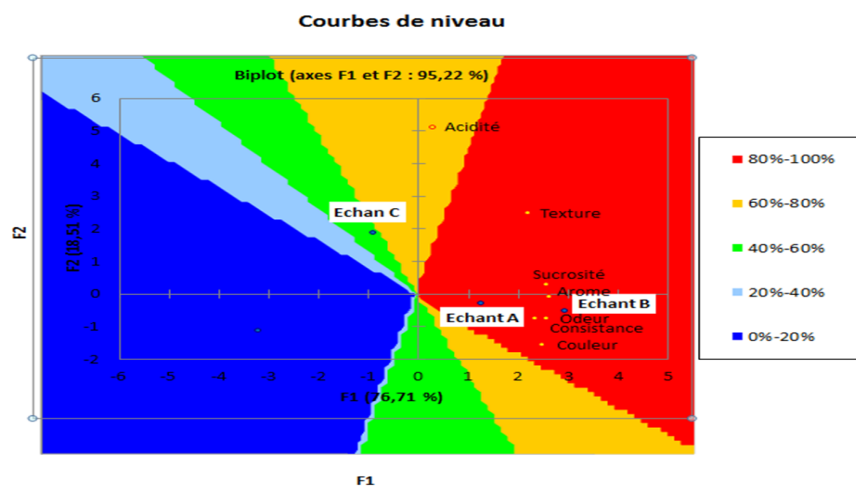


Figure 17 : Cartographie des préférences des yaourts.

D'après la figure 17, il apparaît que les échantillons A et B (présentes dans la zone rouge) sont appréciées avec un pourcentage de 80 % pour A et de 100% pour B, principalement en raison de leur couleur, odeur, arôme, sucrosité et consistance. Par la suite, l'échantillon C (exposé dans la zone vert) est apprécié avec un pourcentage de 60%.

Conclusion

L'objectif de la présente étude est d'élaborer deux boissons végétales à base de cacahuètes et de noix, puis de les transformer en yaourts à boire l'un à base de mélange lait de cacahuète et lait de noix YNC et le deuxième est préparé à base de mélange lait de cacahuète grillées et lait de noix YNCg comme alternative au lait animal.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées montrent que la composition en extrait sec total, taux de la matière grasse, taux de sucre totaux, teneur en protéines et indice d'acide du yaourt grillée YNCg sont supérieurs à ceux du yaourt non grillée YNC. Par contre cette dernière nous donne des résultats supérieurs pour l'indice de peroxyde. Cependant, aucune différence n'a été notée pour le pH entre les deux yaourts.

L'analyse microbiologique des deux yaourts formulés est satisfaisante et ne présente aucun danger pour la consommation (absence de levures, moisissures, *coliformes totaux et fécaux*, la flore aérobie mésophile totale et *Clostridium*). Il a été noté la présence des bactéries lactiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*.

Le test sensoriel effectué par l'ensemble des dégustateurs sur le yaourt végétal est apprécié avec un pourcentage de 80% pour YNC et 100% pour YNCg. De ce fait, nous pouvons dire que le lait de cacahuète et de noix peut être utilisé dans divers produits laitiers et répondre aux attentes du consommateur.

Cette étude a donc contribué à promouvoir un nouveau produit végétal à l'importance d'inclure et d'ajouter le produit sur le marché en raison du manque de lait animal et l'importance d'utiliser le lait végétal dans le domaine alimentaire.

Au vu des résultats obtenus, la fabrication d'un yaourt à boire à base de lait de cacahuète et de noix s'avère possible, mais il serait intéressant pour les études futures de :

- Faire un suivi de la variation des caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques de ce type de yaourt à boire après un traitement thermique.
- De faire des mélanges avec d'autres ingrédients disponibles (sirop de datte, et autres fruits...) pour formuler des produits de meilleure qualité nutritionnelles, puisque c'est une réelle solution aux personnes souffrant d'intolérance au lactose particulièrement des enfants dont l'aliment principal durant les premières années de leur croissance est le lait.

A

Ahmed, N., Z. Sharmeen, S. Bashir, S. Khalid, M. Arshad and Z. Mazhar (2020). "Effect of storage on physio-chemical properties of peanut yogurt." *Pakistan Biomedical Journal* 3(1): 13-18.

Amiot, J., S. Fournier, Y. Lebeuf, P. Paquin and R. Simpson (2002). "Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait." *Science et technologie du lait*: 1-74.

Amrouche, F. (2020). Les laits végétaux ou véganes. *Génie Alimentaire*. Retrieved 1 Mai 2024 from <https://genie-alimentaire.com/spip.php?article294>

Arya, S. S., A. R. Salve, and S. Chauhan. 2016. 'Peanuts as functional food: a review', *J Food Sci Technol*, 53: 31-41.

B

Basse, Benoît. 2020. 'Valorisation de la graine d'arachide broyée: rôle des différentes fractions dans la structuration par gélification d'une suspension aqueuse', Université Paris-Saclay.

Bachelier G. Garvinelli R. (1966). Dosage global des glucides du sol par les méthodes colorimétriques à l'anthrone et à l'orcinol. ORSTOM. Pp 97-103.

Béal, C. and S. Helinck (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés.

Buckholz, L. L., H. Daun, E. Stier, and R. Trout. 1980. "Influence of Roasting Time on Sensory Attributes of Fresh Roasted Peanuts." *Journal of Food Science* 45(3): 547–54.

C

Carlsson Kanyama, A., Hedin, B., & Katzeff, C. (2021). Differences in environmental impact between plant-based alternatives to dairy and dairy products: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(22), 12599.

Carole et Vignola L., 2002. Science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Monreale.

D

Debon, J., E. S. Prudêncio and J. C. C. Petrus (2010). "Rheological and physico-chemical characterization of prebiotic microfiltered fermented milk." *Journal of Food Engineering* 99(2): 128-135.

Degnon, René G, Christian T R Konfo, Aboudou Kowiou, and Farid Baba-moussa. 2020. "Microbiological , Physico-Chemical and Sensorial Characterizations of Milk Produced from Three Varieties of Soybeans in Benin." 14(May): 22–27.

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

Deshavath, N. N., G. Mukherjee, V. V. Goud, V. D. Veeranki and C. V. Sastri (2020). "Pitfalls in the 3, 5-dinitrosalicylic acid (DNS) assay for the reducing sugars: Interference of furfural and 5-hydroxymethylfurfural." *International journal of biological macromolecules* **156**: 180-185.

Diarra, K., Z. G. Nong and C. Jie (2005). "Peanut milk and peanut milk based products production: a review." *Critical reviews in food science and nutrition* **45**(5): 405-423.

E

Emerging Segment of Functional Beverages: A Review." *Journal of Food Science and Technology* 53(9): 3408–23.

F

Fayolle, L. (2015). Le lactose, indicateur de déficit énergétique chez la vache laitière, Thèse de doctorat: sciences vétérinaires. Lyon: Campus vétérinaire de Lyon.

Fructuoso, Isabel et al. 2021. "F2Dc078Ed056F4B06D3Bf508F8Ac065D88F9.Pdf." *Nutrients* 13: 2650.

G

Guillou, H., J. Péliissier and R. Grappin (1986). "Méthodes de dosage des protéines du lait de vache." *Le Lait* **66**(2): 143-175.

Gonçalves, Berta, Teresa Pinto, Alfredo Aires, Maria Cristina Morais, Eunice Bacelar, Rosário Anjos, Jorge Ferreira-Cardoso, Ivo Oliveira, Alice Vilela, and Fernanda Cosme. 2023. 'Composition of nuts and their potential health benefits—An overview', *Foods*, 12: 942.

H

Haas, R., Schnepps, A., Pichler, A., & Meixner, O. (2019). Cow milk versus plant-based milk substitutes: A comparison of product image and motivational structure of consumption. *Sustainability*, 11(18), 5046.

I

Ismail, M. M. (2016). Chemical Composition, Sensory Evaluation and Starter Activity in Cow, Soy, Peanut and Rice Milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 5(3), 1–8. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2016.05.00175>

J

Jahanban-Esfahlan, A., A. Ostadrahimi, M. Tabibiazar and R. Amarowicz (2019). "A comparative review on the extraction, antioxidant content and antioxidant potential of different parts of walnut (*Juglans regia* L.) fruit and tree." *Molecules* 24(11): 2133.

J.O.R.A. N°39. (2017) : Arrêté interministériel de 2 Juillet 2017. Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires Légumes, fruits, végétaux et produits à base de végétaux.

K

Khaoula, Mahrouche, and Nekhili Siham. 2020. 'Evaluation de l'activité de l'huile essentielle d'*Azadirachta indica* vis-à-vis d'*Aspergillus flavus* des noix du *Juglans regia*'.

Kubrak, O. I., Rovenko, B. M., Husak, V. V., Storey, J. M., Storey, K. B., & Lushchak, V. I. (2012). Nickel induces hyperglycemia and glycogenolysis and affects the antioxidant system in liver and white muscle of goldfish *Carassius auratus* L. *Ecotoxicology and environmental safety*, 80, 231-237.

L

Lindmark-Månsson, H. and B. Åkesson (2000). "Antioxidative factors in milk." *British journal of Nutrition* 84(S1): 103-110.

Lindsay, H. (1973). A colorimetric estimation of reducing sugars in potatoes with 3, 5-dinitrosalicylic acid. *Potato Research*, 16(3), 176-179.

Liu, W., Pu, X., Sun, J., Shi, X., Cheng, W., & Wang, B. (2022). Effect of *Lactobacillus plantarum* on functional characteristics and flavor profile of fermented walnut milk. *Lwt*, 160(February), 113254. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113254>.

M

Martínez, M. L., D. O. Labuckas, A. L. Lamarque and D. M. Maestri (2010). "Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90(12): 1959-1967.

Mathieu, J. (1998). "Ecole nationale des industries du lait et des viandes de la Roche-Sur-Foron." *Initiation à la physico-chimie du lait*. Edition. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. pp: 12-210.

Moharana, Ankit, Biswajit Lenka, Aditya Pratap Singh, Nagiri Kishor Kumar, Bhanoth Nagaraju, and Shakti Ranjan Das. 2020. 'Peanut as a food source: A review', *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 9: 225-32.

Mujinga, W., Mutala, S., and Hâsken, S. (2009). Rapport d'analyse et table de valeur bromatologique de catégorie des poissons trouvés sur les marchés de poisson à Lubumbashi, République Démocratique du Congo. *Working Papers*.

Munekata, P. E., Domínguez, R., Budaraju, S., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Mallikarjunan, K., ... and Lorenzo, J. M. (2020). Effect of innovative food processing technologies on the physicochemical and nutritional properties and quality of non-dairy plant-based beverages. *Foods*, 9(3), 28

N

Nadjri, I. 2019. "Effet de Substitution de La Poudre de Lait Par Un Système Fonctionnel Dans La Fabrication d ' Un Lait Fermenté de Type Yaourt Brassé." : 20–106.

Nathalie Mayer. (n.d.). *No Title*. 2018.

Nwokolo, E., et Smartt, J. (Eds.). (1996). Denrées alimentaires et aliments pour animaux à base de légumineuses et d'oléagineux (p. 144-158). Londres, Royaume-Uni :: Chapman & Hall.

O

Ozturkoglu-Budak, S., C. Akal and A. Yetisemiyen (2016). "Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt." *Journal of dairy science* 99(11): 8511-8523.

Özpalas, B., & Özer, E. A. (2021). Optimization of Process Parameters for Peanut Milk Based on Nutritional and Sensory Characteristics. *NWSA Academic Journals*, 16(4), 136–150. <https://doi.org/10.12739/nwsa.2021.16.4.1a0476>

P

Park, Young Woo. 2021. "The Impact of Plant-Based Non-Dairy Alternative Milk on the Dairy Industry." *Food Science of Animal Resources* 41(1): 8–15.

Paul, Anna Aleena, Satish Kumar, Vikas Kumar, and Rakesh Sharma. 2020. "Milk Analog: Plant Based Alternatives to Conventional Milk, Production, Potential and Health Concerns." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(18): 3005–23. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>.

Péra, H. (1998). Huile de noix : paramètres qui influencent son rancissement, méthodes d'étude et possibilité de protection.

Popovici, C., A. Baerle and P. Tatarov (2017). "Biochemical aspects of walnut dairy free milk." Sanful, R. E. (2009). "The use of tiger-nut (*Cyperus esculentus*), cow milk and their composite as substrates for yoghurt production." *Pakistan Journal of Nutrition* 8(6): 755-758.

Pradhan, C., Peter, N., et Dileep, N. (2020). Nuts as dietary source of fatty acids and micro nutrients in human health. *Nuts and nut products in human health and nutrition*.

R

Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2023). Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320-2351.

Ros, Emilio. 2015. 'Nuts and CVD', *British journal of nutrition*, 113: S111-S20.

S

Saklar, S., Katnas, S., & Urgan, S. (2001). Determination of optimum hazelnut roasting conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(3), 271–281. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00457.x>

Sakthi, T. Siva, V. Meenakshi, S. Kanchana, and S. Vellaikumar. 2020. “Study on Standardisation and Quality Evaluation of Peanut Milk by Different Processing Methods.” *European Journal of Nutrition & Food Safety* 12(5): 60–72.

Satpathy, L., D. Dash, P. Sahoo, T. Anwar and S. P. Parida (2020). "Quantitation of total protein content in some common edible food sources by lowry protein assay." *Letters in Applied NanoBioScience* 9(3): 1275-1283.

Schlich P., A., D., S., C., C., U., C., B., & C., M. (2010). Les préférences hédoniques pour le gras. Mesures et variabilité. *Innovations Agronomiques* 10, 10, 95–114.

Sethi, Swati, S. K. Tyagi, and Rahul K. Anurag. 2016. “Plant-Based Milk Alternatives an Emerging Segment of Functional Beverages: A Review.” *Journal of Food Science and Technology* 53(9): 3408–23.

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. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>

Settaluri, V., C. Kandala, N. Puppala and J. Sundaram (2012). "Peanuts and their nutritional aspects—a review."

Sharma, K. K., & Bhatnagar-Mathur, P. (2006). Peanut (*Arachis hypogaea* l.). *Agrobacterium Protocols*, 347-358.

Shimoda, M., Nakada, Y., Nakashima, M., & Osajima, Y. (1997). Quantitative Comparison of Volatile Flavor Compounds in Deep-Roasted and Light-Roasted Sesame Seed Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8), 3193–3196. <https://doi.org/10.1021/jf970172o>

Smith, G. J. and W. Dunkley (1962). "Ascorbic acid oxidation and lipid peroxidation in milk." Journal of Food Science **27**(2): 127-134.

T

Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *103*(23–24), 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>

Torre, L. L., A. Tamime and D. Muir (2003). "Rheology and sensory profiling of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures." *International Journal of Dairy Technology* **56**(3): 163-170.

Toomer, Ondulla T. 2018. 'Nutritional chemistry of the peanut (*Arachis hypogaea*)', *Critical reviews in food science and nutrition*, *58*: 3042-53.

V

Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science and Technology*, *55*(1), 10–20. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>

Velangi, M., & Savla, M. (2022) Role of Plant Based Milk Alternatives as a Functional Beverage: A Review.

Végétaux, Animaux E T, Laurence Lévy-dutel, and Christine Vlrbel-alonso. Animaux et Végétaux.

Y

Young, Clyde T, and Updated by Staff. 2000. 'Nuts', Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology

Organisme de normalisation

Codex Alimentarius : <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>

FAO : <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/milk-and-plant-based-milk-alternatives-know-nutrient-difference>

Food and Drug Administration (FDA). Milk and Plant-Based Milk Alternatives: Know the Nutrient Difference. <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/milk-and-plant-based-milk-alternatives-know-nutrient-difference> Accessed July 14, 2024.

Livestrong: <https://www.livestrong.com/article/371956-the-good-bad-of-almond-milk/>

Règlement (UE) n° 1169/2011 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2011
<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/1169/oj>

Annexes

Annexe 1 : matériels et réactifs utilisés pendant les analyses physico-chimiques.

Matériels utilisé	Produits
1. Étuve	1. Eau distillé
2. Balance /Béchers	2. Alcool
3. Erlenmeyers/ Fioles jugé	3. KOH
4. Burette Pipettes	4. Phénolphtaléine
5. Entonnoirs	5. Acide sulfurique
6. Papiers filtre /Tubes à essai	6. Éthanol
7. Dessiccateur /Four à moufle	7. Carrez I et Carrez II
8. Éprouvettes graduée	8. Anthrone
9. Agitateur magnétique	9. Réactif de Gornal
10. Centrifuge	10. Réactif de folin
11. PH mètre	11. Réactif de DNC
12. Viscosimètre	12. Acétone
13. Bain marie	13. Chloroforme
14. Micropipette	14. Acide acétique galique

Annexe 2 : matériels et produits utilisés dans les analyses microbiologiques.

Matériels utilisé	milieux utilisés
1. Boîtes de pétris	1. Gélose YGC
2. Bec bunsen	2. Gélose M17
3. Étuve	3. Gélose VRBL
4. Bain marie	4. Gélose MRS
5. Micropipette	5. Gélose VF
6. Tubes à essai	6. Bouillon TSE

Annexe 3 : Analyses hédonique d'un yaourt à boire.



Université Abderrahmane Mira Bejaïa
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences Alimentaires

QUESTIONNAIRE D'ANALYSE SENSORIELLE DU YAOURT A BOIRE

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

Age :

Sexe : M/F

Dans le cadre de l'analyse sensorielle du yaourt à boire à base de noix et cacahuète, il vous demandé d'évaluer trois (03) échantillons codés A, B et C.

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

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

Echantillon	A	B	C
Note			

❖ **Avis personnel :**

.....
.....

Merci d'avoir participé à notre évaluation sensorielle

Annexe 4 : Analyse sensorielle d'un yaourt à boire.



Université Abderrahmane Mira Bejaïa
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences Alimentaires

QUESTIONNAIRE D'ANALYSE SENSORIELLE DU YAOURT A BOIRE

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

Age :

Sexe : M/F

Dans le cadre de l'analyse sensorielle du yaourt à boire à base de noix et cacahuète. Trois (03) échantillons codés A, B et C. vous sont présentés, il vous est demandé d'évaluer les différents caractéristiques organoleptiques en attribuant une note allant de 1 à 5 selon l'échelle présentée ci-dessous :

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

1-LA COULEUR

- Comment trouvez –vous la couleur du yaourt ?

1. Blanche
2. Beige
3. Marron faiblement intense
4. Marron moyennement intense
5. Marron foncé

Echantillon	A	B	C
Note			

2- L'ODEUR

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

1. Très faiblement intense
2. Faiblement intense
3. Moyenne intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

Echantillon	A	B	C
Note			

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

- Comment trouvez-vous l'arôme de ce produit ?

- 1-Très faiblement intense
- 2-Faiblement intense
- 3-Moyenne intense
- 4-Fortement intense
- 5-Très fortement intense

Echantillon	A	B	C
Note			

4- ARÔME IDENTIFIÉ

- Pouvez-vous identifier l'arôme de ce produit ?

1. Absent
2. Non identifié

5- L'ACIDITÉ

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

Echantillon	A	B	C
Note			

Echantillon	A	B	C
Note			

6- TEXTURE

- Comment trouvez-vous la texture du yaourt ?
 1. Très granuleuse
 2. Granuleuse
 3. Peu granuleuse
 4. Lisse
 5. Très lisse

Echantillon	A	B	C
Note			

7- CONSISTANCE

- Comment évaluez-vous la consistance générale de ce yaourt ?
 1. Liquide
 2. Peu onctueux
 3. Onctueux
 4. Ferme
 5. Trop ferme

Echantillon	A	B	C
Note			

8- PRÉFÉRENCE

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

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

Echantillon	A	B	C
Note			

❖ Avis personnel :

.....
.....

Annexe 5 : Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires Légumes, fruits, végétaux et produits à base de végétaux (JORA. ,2017)

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Graines germées prêtes à être consommées	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Germes ⁽³⁾	<i>Escherichia coli</i> producteurs de shiga-toxines (STEC) 0157,026, 0111, 0103, 0145 et 0104 : H4	5	0	Absence dans 25 g	
Fruits secs (figues, dattes, pruneaux, raisins secs...)	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 ²
	Moisissures	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Graines oléagineuses (noix, amandes, arachides...)	<i>Escherichia coli</i>	5	2	2	20
	Moisissures	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

Résumé

L'objectif de ce travail est la formulation et la caractérisation d'un yaourt végétal à base de cacahuète et noix, une alternative au lait animal pour les personnes souffrants d'intolérance au lactose ou d'une allergie aux protéines du lait animal, et pour ceux qui ont choisi un mode de consommation végétarien.

L'étude réalisée consiste en un essai de fabrication d'un yaourt à boire selon deux recettes différentes : un yaourt fabriqué à partir de mélange 50% de lait de noix et 50% de lait de cacahuète YNC, tandis qu'un deuxième est préparé à partir de 50% lait de noix et 50% lait de cacahuète grillées YNCg, élaborés dans les mêmes conditions; ensuite, comparer les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels des produits ainsi obtenus.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence entre les deux yaourts (YNC et YNCg) pour le pH, extrait sec tota , taux de matière grasse, l'indice d'acide. Toutefois, une différence a été notée pour la teneur en sucres totaux, la teneur en protéines et l'indice de peroxyde. Les germes recherchés sont totalement absents dans les deux types de yaourts produits, ce qui démontre la qualité satisfaisante de nos produits. Enfin, l'analyse sensorielle a révélé que le yaourt végétal est apprécié par les experts avec un pourcentage de 80% pour YNC et 100% pour YNCg.

Mots clés

Lait végétal, yaourt à boire, cacahuètes, noix, qualité physico-chimique, microbiologique, qualité sensorielle.

Abstract

The aim of this work was to elaborate and characterize of a peanuts and nuts based yogurt, an alternative to animal milk for people suffering from lactose intolerance or allergy to animal milk proteins, and for those who are vegetarian.

The study consists of an assay of manufacturing a drinking yogurt according to two different recipes: a yogurt made from a mixture of 50% nut milk and 50% peanut milk PNY, while a second is prepared from 50% nut milk and 50% roasted peanut milk rPNY, produced under the same conditions; then, compare the physicochemical, microbiological and sensory parameters of the obtained products.

The results show that there is no difference between the two yogurts PNY and rPNY for pH, total solids, fat, acid index. However, a difference was noted for viscosity, total and reducing sugar content, protein content and peroxide value. The undesirable germs are completely absent in both types of yogurt products, which shows the good quality of our products. Finally, sensory analysis revealed that plant-based yogurt is appreciated by experts with a percentage of 80% for PNY and 100% for rPNY.

Key words

Plant-based milk, drinking yogurt, peanuts, nuts, physico-chemical quality, microbiological quality, sensory quality.

