

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Exploitation des sous produits de dattes
(*Phoenix dactylifera*) comme ingrédients
alimentaires pour la fortification
d'un yaourt nature**

Présenté par :

Djaoud Hamid & Chafa Linda

Soutenu le : 21 septembre 2021

Devant le jury composé de :

M^{me} Hamri S.	Professeur	Président
M^{me} Boulekbache L.	Professeur	Encadreur
M^{me} Fella S.	MCB	Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021

Dédicaces

Dédicaces

Pour que ma réussite soit complète, je la partage du fond du cœur avec toutes les personnes que j'aime et qui était là pour moi tout au long de mon parcours.

Je dédie ce modeste travail :

A toi ma chère mère :

« Au cœur qui m'a réchauffé avec son amour, qui m'a toujours apporté soutien et réconfort et qui veille jour et nuit à notre bonheur, la personne la plus cher à mes yeux ».

A toi mon cher père :

« A celui qui m'a toujours soutenu, qui m'a poussé et encouragé dans tout ce que j'ai entrepris et qui m'a été l'ami et le conseillé, mon meilleur et très cher modèle ».

A vous deux : Pour votre amour et votre bienveillance, pour ce que vous nous avez transmis, votre soutien inconditionnel et vos innombrables sacrifices. Vous avez toujours été la pour nous, sans vous je ne serai pas arrivé là. Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma reconnaissance. Puisses dieu, vous accorder santé, bonheur et longue vie. Je vous aime éternellement.

A toi « GHILAS » mon frère et mon meilleur ami :

Une fois de plus, je tiens à te remercier pour ta présence pour l'aide que tu m'as apporté, tu m'as soutenus, réconforté et encouragé tu as su m'accompagner dans cette épreuve, comme tu l'as fait à chaque étape de ma vie. Merci d'avoir été la pour moi et de m'avoir poussé à donner le meilleur de moi-même. Sache que je t'apprécie et je t'aime énormément.

A mes précieuses et adorables sœurs « KAHINA, THIZIRI et INES » :

Pour votre tendresse et votre amour ainsi que votre encouragement et votre soutien inconditionnel. Vous avez été là tout au long de mon parcours à prendre soin de moi, me conseillé et m'orienté. Je vous remercie pour les meilleurs moments de ma vie, pour la joie et les rires qu'on a partagé tous ensemble. Vous comptez énormément pour moi et je vous aime profondément.

A la mémoire de mon grand-père et ma grand-mère paternel, j'aurais tant aimé que vous soyez présent. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde ainsi qu'à ***mes grands parents maternels et toute ma famille*** pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordés et à ***tous mes aimables amis et collègues d'étude.***

A ma Binôme : LINDA pour votre respect et votre esprit d'équipe. Je vous souhaite plein de bonheur et de réussite.

DJAOUD Hamid

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents

Aucune dédicace ne pourra faire témoin de mon profond amour, mon immense gratitude et mon plus grand respect à votre égard. Je n'oublierai jamais la tendresse dont vous m'avez entouré depuis mon enfance. Que DIEU vous protège.

A toute ma famille, mes chères sœurs Selma, Dalila, Amira, Katia, Kamelia, Racha et ma cousine Sabrina

A tous mes amis et a tout ceux que j'aime et a toute les personnes qui m'ont encouragé.

A mon cher binôme DJAOUD Hamid

A mes chers enseignants sans exception.

A tous les étudiants de Master 2 QPSA

CHAFA Linda

Remerciements

Remerciements

Nos premiers remerciements vont à Dieu le tout puissant et le miséricordieux, qui nous a donné le courage, la force, la patience et la volonté pour surmonter les épreuves et les difficultés que nous avons rencontrées tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Remerciements

A notre encadreur

Madame le Professeur BOULEKBACHE-MAKHLOUF Lila

Nos bienveillantes salutations vont à vous, pour l'honneur que vous nous avez accordé en acceptant de diriger ce travail. Nous avons eu le privilège de bénéficier de la qualité de votre enseignement et de vos connaissances enrichissantes. Veuillez trouver dans ces modestes mots, l'expression de notre chaleureuse estime, notre sincère gratitude et nos vifs remerciements.

Remerciements

**A notre présidente de jury
Madame le Professeur HAMRI Sabrina**

Nos vifs remerciements vont à vous pour l'immense honneur que vous nous faite en présidant notre jury et en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par vos connaissances, vos propositions et vos remarques.

Veillez accepter l'expression de notre ultime gratitude
et notre admiration la plus franche.

Remerciements

**A notre examinatrice
Madame le Dr FELLA Samira**

Vous nous faites l'immense honneur de siéger au sein de notre jury, nous vous remercions infiniment pour l'intérêt que vous portez à notre travail ainsi que votre disponibilité. Veuillez trouver ici l'expression de notre profonde gratitude et notre sincère considération.

Remerciements

Au Co-encadreur Dr DJAOUD Kahina

Nous tenons à vous saluer gracieusement et à vous remercier chaleureusement pour l'immense aide que vous nous avez apporté tout au long de la réalisation de ce travail.

Votre aimable dévouement et adorable gentillesse ainsi que votre disponibilité vos précieux conseils, votre soutien et encouragement nous ont permis de donner le meilleur de nous même et faire face aux épreuve rencontrés le long du chemin.

Nous avons eu le privilège de bénéficier de vos connaissances et compétences enrichissantes, vous êtes un exemple pour nous.

Veillez trouver dans ces quelques mots l'expression de notre profonde estime et notre sincère considération.

Remerciements

Au Dr BENAZOUZ SMAIL

Nous tenons à vous remercier chaleureusement pour votre disposition et votre disponibilité ainsi que pour l'intérêt et l'aide que vous avez porté à notre travail.

Veillez trouver en toute sympathie, l'expression de notre profonde estime et notre sincère considération.

Remerciements

A monsieur **MENSOURI Hafid** de nous avoir accueilli au sein de son laboratoire de contrôle de qualité et de conformité QualiLab et tout le personnel du laboratoire pour leurs aides et disponibilités.

Liste des figures

Figure 1 : Le palmier dattier..... 2

Figure 2 : Le fruit de dattes 3

Figure 3 : Processus de fabrication du yaourt ferme et brassé..... 9

Figure 4 : Photographie des dattes Degla-Beida entière et en coupe..... 12

Figure 5 : Evolution des paramètres physico-chimiques des yaourts durant le stockage. 17

Figure 6 : La capacité de rétention d'eau (A) et la synérèse (B) des yaourts..... 20

Figure 7 : La viscosité des yaourts..... 20

Figure 8 : Pouvoir discriminant par descripteur..... 23

Figure 9 : Coefficient des modèles des échantillons..... 24

Figure 10 : Analyse en composantes principales (ACP): corrélations entre les variables (A) et les facteurs (B). 27

Liste des tableaux

Tableau I : Composition chimique des dattes..... 4

Tableau II : Activités pharmacologique des dattes..... 5

Tableau III : Germes recherchés dans les yaourts..... 14

Tableau IV : Evolution des paramètres physico-chimiques des yaourts durant le stockage.. 16

Tableau V : Résultats du suivi de la qualité microbiologiques des yaourts durant le stockage.
..... 21

Tableau VI : Evaluation du plan d'expérience pour les jurys experts..... 22

Tableau VII : Moyennes ajustées par produit..... 25

Liste des abréviations

- YT** : Yaourt témoin;
- YP** : Yaourt au de poudre de dattes;
- YS** : Yaourt au de sirop de dattes;
- YR** : Yaourt au résidu de dattes;
- VRBL** : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre;
- BP** : Gélose Baird-parker;
- S-S** : Gélose salmonella-Shigella;
- °C** : Degré Celsius;
- °D** : Degré Dornic;
- Pa.s** : Pascal.seconde.

Sommaire

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

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Le palmier dattier et la datte

I.1 Le palmier dattier	2
I.1.1 Description.....	2
I.1.2 Classification taxonomique	3
I.2. La datte	3
II.2.1 Description.....	3
II.2.2 Maturation	4
II.2.3 Composition.....	4
II.2.4 Activités pharmacologique	5
II.2.5 Variétés	6
II.2.6 Perspectives d'utilisation des dattes comme aliments fonctionnels	6

Chapitre II : Le yaourt

II. Le yaourt.....	7
II.1 Définition.....	7
II.2 Classification	7
II.3 Fermentation et avantages de la transformation du yaourt.....	8
II.4 Fabrication	9
II.5 Ingrédients fonctionnels prébiotiques.....	10
II.6 Pathogénie du COVID-19 et relation avec le yaourt	10

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1 Matériel végétal	12
III.2 Préparation des échantillons de dattes.....	12
III.2.1 Préparation de la poudre de dattes.....	12
III.2.2 Sirop de dattes	13
III.2.3 Résidu de dattes.....	13
III.3 Formulation des yaourts étuvés	13

III.4	Évolution de la qualité physico-chimique durant le stockage	13
III.4.1	Le pH et l'acidité titrable	13
III.4.2	L'extrait sec total (EST) et la teneur en solides solubles (TSS).....	14
III.5	Détermination de la synérèse et de la capacité de rétention d'eau (CRE).....	14
III.6	Détermination de la viscosité	14
III.7	Évaluation de la qualité microbiologique durant le stockage	14
III.8	Analyse sensorielle	15
III.9	Analyse statistique.....	16

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1	Évolution de la qualité physico-chimique durant le stockage	16
IV.1.1	Suivi de l'évolution du pH	16
IV.1.2	Suivi de l'évolution de l'acidité titrable	18
IV.1.3	Suivi de l'évolution de l'extrait sec total	18
IV.1.4	Suivi de l'évolution de la teneur en solides solubles (TSS).....	19
IV.2	Détermination de la capacité de rétention d'eau (CRE) et la synérèse.....	19
IV.3	Détermination de la viscosité	20
IV.4	Évaluation de la qualité microbiologique durant le stockage	21
IV.5	Analyse sensorielle	22
IV.5.1	Test du plan d'expérience.....	22
IV.5.2	Caractérisation des produits	23
IV.5.2.1	Pouvoir discriminant par descripteur.....	23
IV.5.2.2	Les coefficients des modèles	24
IV.5.2.3	Moyennes ajustées par produit	25
IV.5.3	Analyse en composantes principales (ACP)	26
Conclusion et perspectives.....		28
Références bibliographiques.....		29

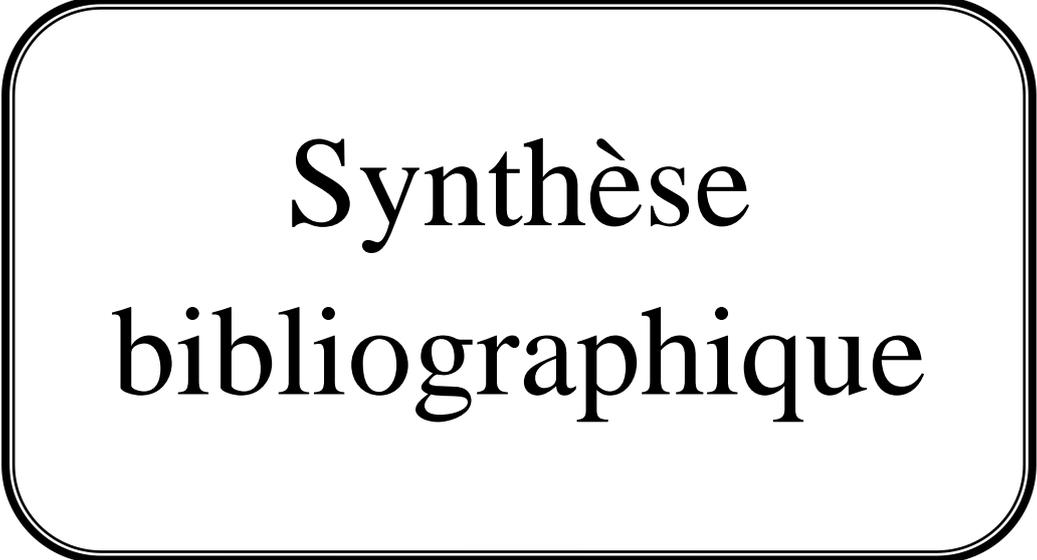
Introduction

Introduction

Les aliments fonctionnels font référence aux aliments complétés par des ingrédients tels que les vitamines, les protéines, les fibres, les probiotiques et les prébiotiques qui confèrent des avantages pour la santé humaine (**García-Burgos et al., 2020**). Les produits laitiers fonctionnels occupent une place prépondérante dans le segment des aliments fonctionnels et représentent plus de 40% de ce marché (**Turkmen et al., 2019**). Parmi divers produits laitiers, le yaourt est le plus populaire et le plus acceptable dans le monde en raison de sa valeur nutritionnelle élevée, de sa bonne compatibilité et de ses propriétés sensorielles (**Kowaleski et al., 2020**). Ces dernières années, les produits naturels d'origine végétale qui peuvent améliorer les propriétés du yaourt ont été considérés, en raison des préoccupations des consommateurs concernant les ingrédients synthétiques. Pour cette raison, les yaourts ont été enrichis avec plusieurs fruits et extraits de plantes pour améliorer les propriétés bioactives, la qualité nutritionnelle et les attributs physiques et sensoriels du produit final (**Ahmed et al., 2021; Benmeziane et al., 2021; Saeed et al., 2021**).

L'importance des fruits de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) dans la nutrition humaine vient de leur composition riche en glucides, minéraux, fibres alimentaires, vitamines, acides gras, acides aminés et protéines (**Al-Hilphy et al., 2021; Alahyane et al., 2021; Allam et al., 2021**). La production et la commercialisation des dattes s'accompagnent de pertes considérables de fruits, soit directement sur la palmeraie ou lors du processus de cueillette, de stockage et de conditionnement. Par ailleurs, cette production s'accompagne également d'une augmentation considérable des pertes de variétés de dattes secondaires. En raison de leur texture dure et de leurs qualités organoleptiques détériorées, ces sous-produits ne sont pas comestibles et sont souvent jetés. Actuellement, ils sont utilisés à des fins limitées telles que l'alimentation animale (**Yahmed et al., 2021**).

Dans ce travail, nous nous sommes proposés d'étudier l'effet de la fortification des yaourts avec les sous produits de dattes sèches, sur leurs caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles. Le travail réalisé comporte trois types de yaourts, sans sucre ajouté, faisant varier l'ingrédient d'enrichissement: la poudre de dattes, le sirop de dattes et le résidu généré après la préparation du sirop de dattes. Le but considéré était donc de substituer le sucre cristallisé et les arômes artificiels ajoutés aux yaourts par les fibres, les minéraux et les composés bioactifs des dattes et de leurs sous produits. Par ces objectifs nous escomptons d'aboutir à la formulation d'un nouveau produit enrichi qui correspond aux attentes des consommateurs.



Synthèse
bibliographique

Chapitre I :
Le palmier
dattier et la datte

I.1 Le palmier dattier

I.1.1 Description

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une espèce de plante ligneuse vivace appartenant à la famille des Arecaceae (**Figure 1**). Il pousse dans un large éventail de climats secs des régions subtropicales et tropicales comme dans la péninsule de l’Afrique du Nord et le Moyen-Orient (**Wahab et al., 2017**). Le palmier dattier est un grand arbre atteignant 36 m de haut, parfois cultivé ou auto-cultivé. Ses troncs sont recouverts de bases persistantes de pétioles, qui sont généralement entourées d’une masse de ramifications; les feuilles en couronne poen, pennées de 20 à 40 cm de long, linéaires, carénées inférieures des pennes modifiées en épines. Le fruit est une baie oblongue de 2,5 à 7,5 cm de long, la graine est cylindrique, dure avec un sillon longitudinal (**Uddin et Nuri, 2021**).



Figure 1 : Le palmier dattier (**Echegaray et al., 2020**).

I.1.2 Classification taxonomique

La place du palmier dattier dans le règne végétal est la suivante (Deshpande et al., 2017):

- **Règne** : Plantae;
- **Sous-règne** : Tracheobionta;
- **Division** : Magnoliophyta;
- **Classe** : Liliopsida;
- **Sous-classe** : Arecidae;
- **Ordre** : Arecale;
- **Famille** : Arecaceae;
- **Genre** : Phoenix;
- **Espèce** : *Phoenix dactylifera* L.

I.2 La datte

I.2.1 Description

La datte est le fruit comestible du palmier dattier (**Figure 2**). C'est une baie constituée d'une pulpe ou chair ayant une seule graine appelée noyau. Elle comporte l'épicarpe (peau) qui est une enveloppe fine cellulosique; le mésocarpe plus ou moins charnu de consistance variable et de l'endocarpe qui est une membrane entourant le noyau. Les dattes sont généralement de formes allongées, ovoïdes, ou arrondies, leur dimension est variable selon les variétés. La couleur varie du blanc jaunâtre au noir (Ben Abbes, 2011). Elles sont considérées comme un fruit sacré aux propriétés thérapeutiques diverses dans différentes cultures, notamment dans les traditions islamiques (Karimi et al., 2020). Le plus grand producteur de dattes est l'Égypte avec 1 558 985 tonnes et le second est l'Arabie saoudite avec 1 496 766 tonnes. L'Iran avec 1 271 391 tonnes, l'Algérie avec 1 104 307 tonnes et l'Irak avec 621 465 tonnes sont dans les prochains rangs (FAOSTAT, 2021).



Figure 2 : Le fruit de dattes (Uddin et Nuri, 2021).

I.2.2 Maturation

La maturation des dattes passe par plusieurs étapes, notamment: Hababouk (non mûr et non comestible), Kimri (non mûr, de couleur verte et non comestible), Khalal (taille complète et comestible), Rutab (doux, brun à une couleur noire et comestible) et Tamer (entièrement mûr, à humidité réduite et comestible). Tamer est défini comme le stade final de la maturité des fruits des dattes une fois que leur couleur est devenue brune ou noire et que leur composition a évolué vers une teneur en humidité relativement plus faible (environ 20%) et une teneur en sucre plus élevée (**Hussain et al., 2020**).

I.2.3 Composition

Le fruit de datte contient un large éventail de composants fonctionnels nutritionnels (**Tableau I**). Il est riche en sucres facilement digestibles tels que le glucose et le fructose. Il représente une bonne source de fibres et d'oligo-éléments tels que le potassium, le phosphore, le magnésium, le calcium, le sélénium et le fer et de vitamines telles que l'acide ascorbique, la niacine et la pyridoxine. Il contient également des composants bioactifs tels que les anthocyanes, les composés phénoliques, les caroténoïdes, les procyanidines et les flavonoïdes qui offrent une protection contre le stress oxydatif (**Ramchoun et al., 2017**).

Tableau I: Composition chimique des dattes.

Composant	Teneur
Eau	La teneur en eau, est en fonction des variétés. Elle varie généralement entre 8 et 30% du poids de la chair fraîche (Boukhiar, 2009).
Glucides	La datte contient trois sucres majeurs: fructose, glucose et saccharose, qui occupent environ 44 à 88% du poids sec de la pulpe (Mimouni, 2015).
Protéines	Différentes variétés de dattes sont de bonne source de protéines et fournit une gamme d'acides aminés. Cependant selon le stade de maturation, les teneurs en acides aminés varient significativement (Hussain, 2020).
Lipides	La datte renferme une faible quantité de matière grasse, elle est d'environ 1%. Elle est liée à la variété et au stade de maturation (Ghnimi et al., 2017).
Fibres	La datte est relativement riche en fibres. Elle en apporte 6,5 à 11,5% dont une grande partie de ces fibres correspond à la cellulose (Ghnimi et al., 2017).
Minéraux	La datte est riche en éléments minéraux et plus particulièrement en Na, K et Ca soient 0,3-0,6, 0,6-1,6 et 0,02-0,15 g/100 g de masse fraîche, respectivement (Acourene, 2013).
Vitamines	La fraction vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamine de groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B9) et de faible teneur en vitamine C (Boukhiar, 2009).
Energie	La valeur énergétique de la datte est d'environ 300 cal/100 g (Gilles, 2000).
Composé phénolique	Les dattes contiennent différents composés phénoliques considérés comme agent thérapeutique important pour le traitement des maladies et troubles métabolique (Hussain, 2020).

I.2.4 Activités pharmacologique

La datte possède plusieurs vertus thérapeutiques qui nécessitent des études plus approfondies sur ses composants. En effet, les composés phénoliques sont des métabolites secondaires de grande importance pharmacologique, vu leurs diverses activités biologiques confirmées (Amiour et al., 2014).

Tableau II : Activités pharmacologique des dattes (Uddin et Nuri, 2021).

Activité	Pharmacologie / bioactivité
Etudes <i>in vitro</i>	
Activité antioxydante	Elimine les radicaux libres, inhibe la peroxydation lipidique induite par le fer et l'oxydation des protéines (Chaira et al., 2009).
Activité antimutagène	Inhibe la mutagénicité induite par le benzo (a) pyrène dans le teste d'Ames (Mansouri et al., 2005).
Activité antihémolytique	Inhibe l'activité hémolytique de la streptolysine (Mansouri et al., 2005).
Activité antivirale	Prévient l'acidité lytique du phage ATCC 14209-B1 de <i>pseudomonas</i> sur <i>pseudomonas aeruginosa</i> (Jassim et Naji, 2010).
Activité antifongique	Activité antifongique contre <i>candida albicans</i> et <i>C. krusei</i> (Belmir et al., 2016).
Etudes <i>in vivo</i> (animaux)	
Activité anti-inflammatoire	Augmente les niveaux plasmiques d'antioxydants (vitamine C, E, A, β -carotène) et diminue les peroxydes lipidiques. Réduit le gonflement et le fibrinogène plasmatique (Abutaha et al., 2018).
Action sur le tractus gastro-intestinal	Augmente le temps de transit gastro-intestinal, réduit l'ulcération gastrique induite par l'éthanol (Allaith, 2008).
Activité antihyperlipidémique	Réduit les triglycérides plasmatiques, le cholestérol total et les LDL (Qadir et al., 2019).
Activité hépatoprotectrice	Empêche l'hépatotoxicité induite par le diméthoate, provoque une diminution des marqueurs hépatiques (ALAT, ASAT, phosphatase, alcaline, GGT et LDH), diminue la vacuolisation, la nécrose, la congestion, l'inflammation et l'élargissement des sinusoides. Effet protecteur contre l'hépatotoxicité induite par le CC14 (Al-Qarawi et al., 2003).
Activité néphroprotectrice	Prévient les lésions rénales induites par la gentamicine et réduit le taux de créatinine et d'urée (Al-Qarawi et al., 2003).
Activité anti cancéreuse	Régression de la tumeur Sarcome-18 chez la souris.(Ishurd et Kennedy, 2005)
Activité immunostimulante	Améliore l'immunité à médiation cellulaire et hormonale (Puri et al., 2000).
Activité gonadotrope	Augmente la FSH, la LH, la testostérone, les œstrogènes, augmente la spermatogenèse, le nombre et la croissance des spermatozoïdes (Ubah et al., 2021).
Effet hypoglycémiant	Les fonctions hépatiques ont été évaluées par les activités ALT, AST et C-GT; cependant, les niveaux de BUN et de créatinine sérique ont été estimés pour évaluer la capacité fonctionnelle du rein. Les valeurs moyennes de tous les taux sériques étaient significativement plus élevées dans le groupe 3 par rapport aux groupes 1, 2 et 4 (à l'exception de l'ALT dans le cas du groupe extrait de graines traité) (El Fouhil et al., 2011).

I.2.5 Variétés

Il existe de nombreuses variétés de dattes qui se différencient par la saveur, la consistance, la forme, la couleur, le poids et la dimension. En Algérie, les principales variétés cultivées sont représentées par:

- **Deglet-Nour:** C'est une variété de premier choix. Elle est très appréciée sur le marché national et international (**Mimouni, 2015**).
- **Les dattes communes:** Ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à Deglet-Nour. Elles sont représentées essentiellement par les trois variétés: Ghars, Mech Degla et Degla Beida (**Ben Abbes, 2011**).

I.2.6 Perspectives d'utilisation des dattes comme aliments fonctionnels

Traditionnellement, les dattes sont consommées comme aliment courant au Moyen-Orient et dans certains pays de l'Afrique. Cependant, elles sont disponibles dans le monde entier. Les industries de transformation des dattes produisent également des confitures, des sirops, des jus et des pâtes à base de dattes (**Chandrasekaran and Bahkali, 2013**). L'huile extraite du noyau de dattes est testée pour remplacer l'huile de maïs dans la préparation de la mayonnaise et était organoleptiquement préférée par les dégustateurs (**Basuny and Al-Marzooq, 2011**). La formulation du pain avec la pâte de dattes a entraîné l'amélioration de ses propriétés physicochimiques (rhéologie, gélatinisation et rassissement retardés, production et rétention de gaz, prolongation de la durée de conservation, amélioration des caractéristiques de la mie et de la croûte). Les résultats ont montré que l'ajout de la pâte de dattes dans un produit carné pouvait réduire sa teneur en matières grasses et améliorer la qualité et la valeur nutritive de la viande. Les composants bioactifs extraits des dattes peuvent également être utilisés dans l'industrie pharmaceutique. Le sirop peut être utilisé dans les boissons, la confiserie, les biscuits, le pain, la crème glacée et les gâteaux en tant qu'agent édulcorant et aromatisant. De plus, même les noyaux de dattes ont montré des propriétés thérapeutiques. Le sucre de datte liquide est principalement utilisé dans les boissons gazeuses, les gâteaux, les gelées, les fruits en conserve, les produits de confiserie et la crème glacée. En raison du gaspillage élevé dans l'industrie de transformation des dattes, un traitement plus sophistiqué avec un minimum de déchets de produits et une utilisation efficace des sous-produits est nécessaire. De plus, l'inclusion de produits à base de dattes serait une tendance saine dans les habitudes alimentaires du monde moderne (**Hussain et al., 2020**).

Chapitre II :

Le yaourt

II. Le yaourt

II.1 Définition

Le yaourt est considéré comme un produit laitier nutritif et sain qui est fortement consommé dans le monde, c'est le produit de la fermentation du lait. Le processus de production implique une culture starter standard de bactéries lactiques, telles que *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* subs *bulgaricus* qui sont essentielles pour l'acidification du lait et par conséquent la génération d'arômes de yaourt. Différentes combinaisons de sources de lait, de cultures probiotiques supplémentaires et d'additifs pour yaourt sont aujourd'hui utilisés pour améliorer la composition de la saveur du yaourt et améliorer son acceptabilité par le consommateur (Nyanzi et al., 2021). La demande de produits bénéfiques pour la santé augmente, ce qui incite l'industrie laitière à développer des yaourts fonctionnels pour répondre à cette demande (Frag et al., 2021).

II.2 Classification

Suivant le procédé technologique et plus précisément le niveau d'élaboration du produit à conditionner, le yaourt est classé en plusieurs types selon (Lapointe et Québec, 2002):

- *Yaourt ferme (étuvé)*, à incubation et refroidissement en pot;
- *Yaourt brassé*, à incubation en cuve et refroidissement avant le conditionnement;
- *Yaourt boisson*, similaire au type brassé mais dont le coagulum est "réduit" à l'état liquide avant le conditionnement;
- *Yaourt glacé*, à incubation en cuve et congélation comme de la crème glacée;
- *Yaourt concentré*, à incubation en cuve, concentration et refroidissement avant le conditionnement. Ce type de yaourt est quelque fois dénommé yaourt filtré.

Par ailleurs et bien que la tendance à revenir au yaourt naturel soit clairement perceptible sur certains marchés, les agents de sapidité, les aromatisants et les fruits et baies au sirop, transformés ou en purée, sont les additifs courants. Cependant le yaourt peut présenter différentes variantes:

- **Yaourt aromatisé:** des arômes naturels extraits de fruits ou des arômes de synthèse peuvent être additionnés en cours de conditionnement pour les yaourts fermes et en tanks pour les yaourts brassé et à boire. Quelque soit le type du yaourt, les arômes sont additionné après pasteurisation.
- **Yaourt aux fruits:** on utilise des fruits des fruits réduits en morceaux ou en purée, additionnés de sucre et traités thermiquement. La proportion de fruit est habituellement d'environ 15% dont environ 50% de sucre.

En outre et en réponse à une demande de plus en plus exigeante sur le plan diététique, d'autres types de yaourts ont fait apparition sur le marché, à savoir le yaourt partiellement écrémé dont le taux de matière grasse oscille entre 0,5 et 3% et le yaourt écrémé dont le taux de matière grasse n'excède pas les 0,5%. En fin, des yaourts au édulcorant sont actuellement fabriqués et destinés aux diabétiques (**Lapointe et Québec, 2002**).

II.3 Fermentation et avantages de la transformation du yaourt

La fermentation est un processus qui vise à prolonger la durée de conservation et à améliorer la qualité sensorielle et nutritionnelle des aliments et des boissons (**Kamal et al., 2018; Marsh et al., 2014**). La fermentation est un processus métabolique qui permet de tirer de l'énergie d'un substrat organique sans impliquer un agent oxydant exogène (**Ray et Joshi, 2014**). La fermentation lactique conduit à une matrice alimentaire à pH réduit, créant des conditions difficiles pour les agents pathogènes d'origine alimentaire dans le yaourt et d'autres produits fermentés (**Cutrim et al., 2016; Kamal et al., 2018**). Dans le monde entier, les aliments fermentés sont liés à des effets bénéfiques potentiels pour le consommateur (**Marsh et al., 2014**). La viscosité et les propriétés gélifiantes du yaourt dépendent de sa teneur en acides organiques, nécessitant un taux constant de production d'acide (**Hill et al., 2017**). La fermentation du lait est, entre autres, avantageuse en raison de la libération de peptides bioactifs ou de bactériocines (catalysées par les enzymes protéolytiques des cultures fermentantes); de la réduction de la teneur en lactose (**Moineau-Jean et al., 2019**), qui est bénéfique aux consommateurs qui sont intolérants au lactose; et généralement de l'amélioration de la qualité sensorielle des aliments (**Bisanz et al., 2014; Moineau-Jean et al., 2019; Ray et Joshi, 2014**).

II.4 Fabrication

Les procédés de fabrication des yaourts se caractérisent par trois grandes étapes: la préparation du lait, la fermentation et les traitements post-fermentaires du produit. Le diagramme de production diffère selon le type de produit (yaourt ferme ou brassé) et présente des variantes selon sa teneur en matières grasses et son arôme. Le diagramme général de production (**Figure 3**) présente les étapes de la fabrication.

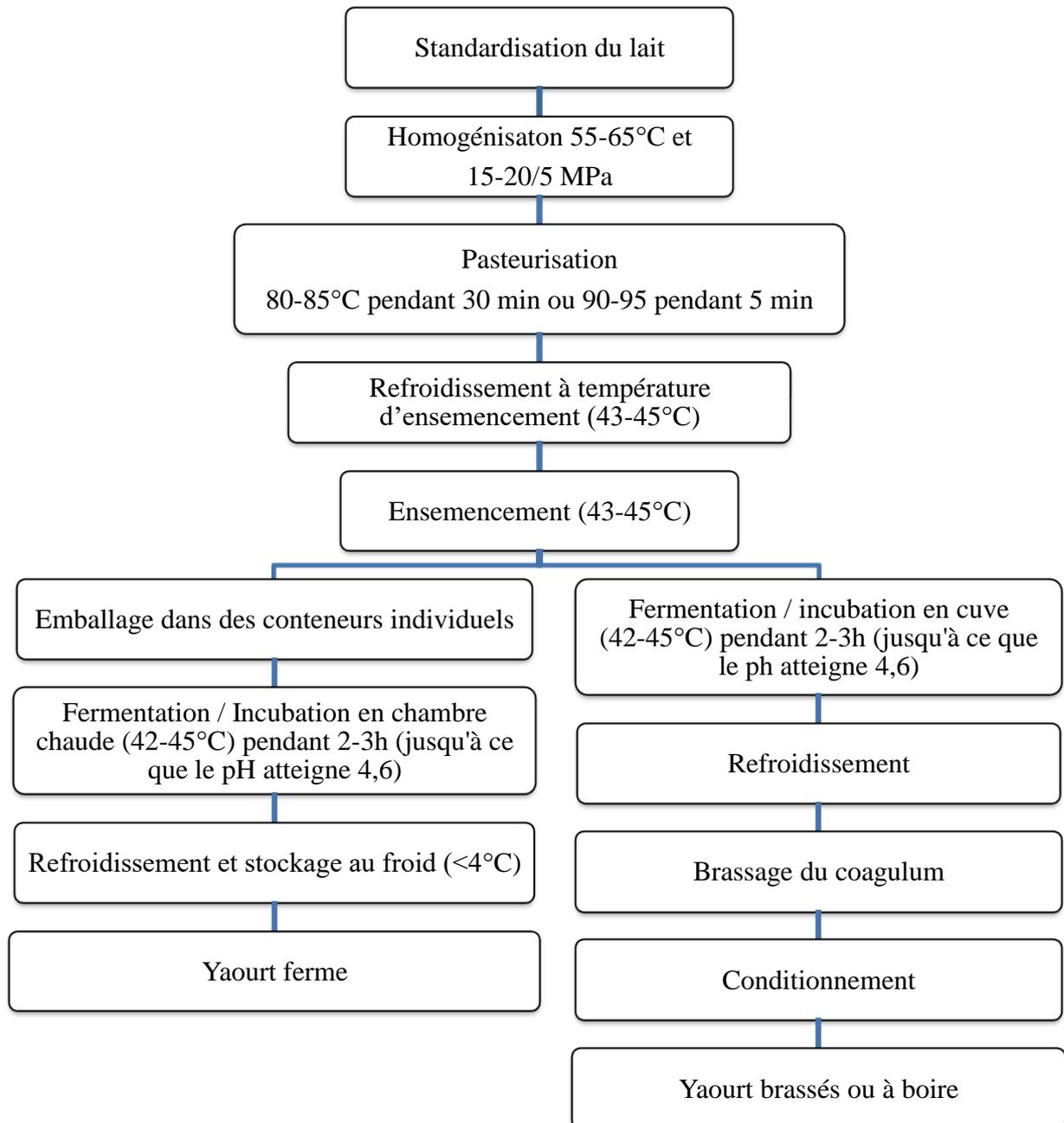


Figure 3 : Processus de fabrication du yaourt ferme et brassé (Weerathilake et al., 2014).

II.5 Ingrédients fonctionnels prébiotiques

La définition d'un prébiotique a été modifiée en un substrat qui est utilisé sélectivement par les micro-organismes hôtes conférant un avantage pour la santé. Des substances telles que les polyphénols et les acides gras polyinsaturés convertis en acides gras conjugués respectifs pourraient correspondre à la définition mise à jour, en supposant un poids probant convaincant chez l'hôte (**Gibson et al., 2017**). En général, l'inuline, les galacto-oligosaccharides, les fructo-oligosaccharides, l'oligofructose, l'amidon résistant, le lactulose et le polydextrose sont les principaux ingrédients prébiotiques qui peuvent être ajoutés aux produits laitiers pour stimuler la croissance ou la prolifération de bactéries bénéfiques pendant la fermentation, le stockage réfrigéré, et dans l'intestin (**Marsh et al., 2014; Mousavi et al., 2019; Sah et al., 2016**). Des noix, des céréales et des fruits spécifiques, rapportés par plusieurs chercheurs, peuvent être ajoutés au yaourt comme prébiotiques mais peuvent potentiellement affecter les paramètres physico-chimiques, la texture et la rhéologie, et s'il n'est pas sélectionné avec soin, peut changer négativement l'acceptabilité du yaourt par le consommateur pendant sa durée de conservation (**Januário et al., 2017; Mousavi et al., 2019; Sah et al., 2016; Terpou et al., 2017; Turkmen et al., 2019**). La croissance et la viabilité des souches probiotiques spécifiques dans le yaourt dépendent du type et de la concentration de l'ingrédient prébiotique ajouté au yaourt (**Abd El-Gawal et al., 2014; Baruzzi et al., 2017; Terpou et al., 2017; Turkmen et al., 2019; Zhang et al., 2019**).

II.6 Pathogénie du COVID-19 et relation avec le yaourt

Le monde est actuellement confronté à une pandémie effrayante de la maladie à coronavirus-2019 (COVID-19). La gravité de la présentation du COVID-19 est très variable parmi les sujets infectés avec des facteurs de risque de plus en plus reconnus. Bien que des études observationnelles aient suggéré une gravité moindre du COVID-19 dans les populations consommant des aliments fermentés, aucune étude contrôlée n'a examiné le rôle du régime alimentaire. Le yaourt, un produit laitier fermenté, présente des propriétés intéressantes liées à la présence de peptides bioactifs et de probiotiques qui peuvent jouer un rôle bénéfique dans la présentation et les résultats du COVID-19. Les peptides contenus dans le yaourt sont responsables des effets inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, potentialisant la bradykinine, antiviraux, anti-inflammatoires, antithrombotiques et antioxydants. Les types et l'activité de ces peptides varient considérablement en fonction de leur séquence d'acides aminés, des probiotiques utilisés dans la production de yaourts et de la

digestion intestinale. De plus, les probiotiques utilisés dans le yaourt présentent des activités directes d'inhibition de l'enzyme de conversion de l'angiotensine, d'antiviral et de renforcement immunitaire. Étant donné que la pathogenèse du COVID-19 implique une accumulation d'angiotensine II et une carence en bradykinine, les peptides bioactifs du yaourt semblent potentiellement bénéfiques. Par conséquent, les enquêtes épidémiologiques et les essais cliniques contrôlés randomisés pour évaluer le rôle exact de la consommation de yaourt sur les manifestations et les résultats du COVID-19 devraient être encouragés (**Gouda et al., 2021**).

Partie expérimentale

Chapitre III :

Matériel et méthodes

Ce travail est le fruit d'une collaboration entre le Laboratoire de Biomathématiques, Biochimie, Biophysique et Scientométrie (LBBBS) de l'Université de Bejaia et la Laboratoire de control de qualité et de conformité (QualiLab) de Bejaia.

III.1 Matériel végétal

Les produits chimiques achetés auprès de Sigma-Aldrich et la culture starter de yaourt (YoFlex® DK-2970 Horsholm, Danemark), est constituée de *Streptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus Bulgaricus*. Cette étude a été menée sur des dattes secondaires parmi les variétés les plus abondantes en Algérie (région de Biskra, Sud de l'Algérie), connue localement sous le nom de Degla-Beida (**Figure 4**), avec une texture dur ou sec. Ces fruits ont été récoltés au «stade Tamr» (pleine maturité).



Figure 4 : Photographie des dattes Degla-Beida entière et en coupe (Amellal, 2008).

III.2 Préparation des échantillons de dattes

Dans la présente étude 3 échantillons de dattes ont été utilisés dans la formulation du yaourt. L'échantillon de base qui est la poudre et les deux autres qui sont le produit de sa transformation à savoir le sirop et son résidu.

III.2.1 Préparation de la poudre de dattes

Les dattes ont été rincées à l'eau pour éliminer le sable et les poussières, dénoyautées manuellement, coupées en petit morceaux, séchées à 40 °C jusqu'à la stabilisation du poids, broyées et conservées à température ambiante jusqu'à utilisation.

III.2.2 Sirop de dattes

Le sirop de dattes a été extrait et préparé comme décrit par **Djaoud et al. (2019)**. Un four à micro-ondes (MAXMOS23S, Maxipower, Chine), avec un système de laboratoire, a été utilisé. Dix grammes de poudre de dattes ont été mélangés avec 100 mL d'eau distillée, le mélange a été traité par irradiation avec les micro-ondes de manière intermittente, irradiation-refroidissement-irradiation à 500 W pendant 2 min. L'extrait obtenu a été filtré sous vide et centrifugé (NF200, NÜVE, Turquie) à 4000 rpm pendant 15 min. Les jus récupérés ont été concentrés à 70 °C dans une étuve ventilée jusqu'à l'obtention d'un sirop à 80 °Brix.

III.2.3 Résidu de dattes

Les résidus de dattes, un sous-produit obtenu lorsque le sucre est extrait des dattes pour produire du sirop, ont été obtenus après l'extraction par micro-ondes, séchés dans une étuve ventilée à 40 °C, broyés et conservés à température ambiante jusqu'à leur utilisation.

III.3 Formulation des yaourts étuvés

La préparation des yaourts est réalisée à l'échelle de laboratoire en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt ferme (**Figure 3, page 09**). Après pasteurisation à 90 °C pendant 5 min, les mix d'ingrédients lait et sous produits de dattes: poudre, sirop ou résidu à 2% ont été refroidis jusqu'à 45 °C qui est la température d'inoculation du ferment. Le pourcentage d'enrichissement a été choisi selon le travail réalisé par **Djaoud et al. (2020)**. L'ensemencement avec les souches *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus Bulgaricus* a été effectué à raison de 0,03%. Les laits inoculés sont versés dans des boîtes en plastiques pour les différents essais. La fermentation a été réalisée dans une étuve thermostatée à 45 °C pendant 4 h. Pour finir, les yaourts ont été entreposés immédiatement à 4 °C.

III.4 Évolution de la qualité physico-chimique durant le stockage

Les yaourts enrichis aux sous-produits de dattes et le yaourt témoin ont été analysés frais (jour 1) et après 7, 14 et 21 jours de stockage à 4 °C. A chaque jour de prélèvement, des analyses physico-chimiques (à partir d'échantillons en triple) ont été réalisées.

III.4.1 Le pH et l'acidité titrable

Un pH-mètre (Hach H170) a été utilisé pour déterminer le pH des yaourts, la valeur du pH est obtenue par simple lecture sur l'écran. L'acidité titrable exprimée en degré Dornic (°D) a été mesuré après titrage de 10 mL de yaourt à la soude (NaOH à 0.1 N) en présence de quelques gouttes de phénolphtaléine comme indicateur coloré (**Benmeziane et al., 2021**).

III.4.2 L'extrait sec total (EST) et la teneur en solides solubles (TSS)

L'extrait sec total (EST) a été mesuré par différence de poids après séchage à l'étuve à 103 ± 2 °C pendant 3 h, jusqu'à atteindre un poids constant. Les résultats sont exprimés en pourcentage (g/100 g). La teneur en solides solubles (TSS) a été déterminée à l'aide d'un réfractomètre manuel et exprimée en °Brix (Rana et al., 2021).

III.5 Détermination de la synérèse et de la capacité de rétention d'eau (CRE)

La synérèse et la capacité de rétention d'eau des yaourts ont été déterminés selon une méthode décrite par Almusallam et al. (2021). Brièvement, des échantillons de yaourt (10 g) ont été centrifugés à $5000 \times g$ pendant 10 min pour séparer le surnageant et le gel égoutté (précipité). Ensuite, le lactosérum et le précipité ont été pesés séparément. La synérèse est définie comme le pourcentage de poids de lactosérum par rapport au poids total de l'échantillon de yaourt (10 g), tandis que la capacité de rétention d'eau est définie comme le pourcentage de gel égoutté par rapport au poids total de l'échantillon de yaourt (10 g). Les équations suivantes ont été utilisées pour calculer la synérèse et la capacité de rétention d'eau:

$$\text{Synérèse (\%)} = \text{Poids de lactosérum (g)} / \text{Poids de l'échantillon de yaourt (g)} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{CRE (\%)} = \text{Poids de précipité (g)} / \text{Poids de l'échantillon de yaourt (g)} \times 100 \quad (2)$$

III.6 Détermination de la viscosité

La viscosité des yaourts a été mesurée avec un viscosimètre Brookfield à l'aide d'un mobile numéro 3 utilisé habituellement pour des mesures rhéologiques des yaourts étuvés. La résistance du produit au mouvement de rotation du mobile est enregistrée à l'aide d'un ressort spiralé interne, puis convertie en unité viscosimétrique (cP).

III.7 Évaluation de la qualité microbiologique durant le stockage

Les analyses microbiologiques ont pour but de s'assurer que les yaourts préparés présentent une qualité hygiénique et commerciale adéquate. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des germes recherchés et dénombrés.

Tableau III : Germes recherchés dans les yaourts (JORA, 2017).

Germes recherchés	Milieu de culture	Température d'incubation	Durée d'incubation
Entérobactéries	VRBL	37°C	24h
<i>Staphylococcus aureus</i>	BP	37°C	24h
Salmonelles	S-S	37°C	24h
VRBL: Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre; BP: Baird-Parker; S-S: Salmonella-Shigella.			

III.8 Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle, des yaourts enrichis aux sous produits de dattes et du yaourt témoin, a été effectuée par un jury expert en analyse sensorielle formé au sein de l'Université de Bejaia, quatre échantillons sont présentés dans des boites propres, transparentes et codées comme suit:

- **A:** yaourt témoin (YT);
- **B:** yaourt à la poudre (YP);
- **C:** yaourt au sirop de dattes (YS);
- **D:** yaourt au résidu de dattes (YR).

La quantité de yaourt pour chaque échantillon est suffisante pour faire toutes les analyses et répondre aux caractéristiques mentionnées dans le questionnaire d'évaluation (**Annexe**). Les données recueillies à partir des questionnaires distribués aux juges, sont traitées par le logiciel XLSTAT version 2014, qui est un outil d'analyse de données et de statistiques, utilisé dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs. Ce logiciel utilise le Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors de l'Excel. Les différents modules sont accessibles via des menus et des barres d'outils (**Addinsoft, 2013**). Les fonctionnalités principales de ce logiciel d'interprétation des résultats de l'analyse sensorielle effectuée sont: le plan d'expérience, la caractérisation de produits et l'analyse en composante principale (ACP).

III.9 Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été évalués statistiquement par analyse de variance (ANOVA) et test de Tukey post hoc avec un niveau de confiance de 95% en utilisant le logiciel statistique XLSTAT (Paris, France). Les données obtenues ont été enregistrées en tant que moyennes \pm l'écart type et les différences entre les moyennes à $p < 0,05$ ont été considérées comme statistiquement significatives.

Chapitre IV :
Résultats et discussion

IV.1 Évolution de la qualité physico-chimique durant le stockage

Les analyses ont été effectuées à partir du jour qui suit le jour de la préparation (jour 1) jusqu'à une période de stockage totale de 21 jours. Les résultats des paramètres physico-chimiques des yaourts, y compris le pH, l'acidité, le °Brix et l'extrait sec total pendant trois semaines de stockage à 4 °C, sont illustrés dans le **Tableau IV** et à la **Figure 5**.

Tableau IV : Evolution des paramètres physico-chimiques des yaourts pendant le stockage.

Analyse	Echantillon	Jour 1	Jour 7	Jour 14	Jour 21
pH	YT	4,42±0,01 ^a	4,09±0,09 ^b	4,36±0,02 ^a	4,15±0,00 ^b
	YP	4,41±0,05 ^a	4,17±0,05 ^c	4,48±0,01 ^a	4,31±0,00 ^b
	YS	4,46±0,00 ^a	4,18±0,01 ^d	4,30±0,00 ^b	4,23±0,01 ^c
	YR	4,47±0,01 ^a	4,20±0,01 ^c	4,28±0,02 ^b	4,18±0,01 ^c
Acidité	YT	67,00±0,71 ^b	77,00±2,83 ^a	77,00±1,41 ^a	73,50±3,54 ^a
	YP	63,00±0,00 ^a	63,00±0,00 ^a	63,50±0,71 ^a	65,00±2,83 ^a
	YS	62,50±2,83 ^{bc}	61,25±0,35 ^c	65,50±0,71 ^{ab}	66,50±0,71 ^a
	YR	68,00±1,41 ^a	71,00±1,14 ^a	71,00±1,41 ^a	67,75±6,72 ^a
Extrait sec total (EST)	YT	10,78±0,47 ^b	10,72±0,39 ^b	11,88±0,10 ^a	11,05±0,06 ^b
	YP	12,67±0,39 ^{ab}	12,21±0,25 ^b	13,10±0,04 ^a	12,87±0,04 ^a
	YS	12,26±0,27 ^a	12,10±0,07 ^{ab}	11,60±40,39 ^b	12,55±0,00 ^a
	YR	11,70±0,40 ^b	11,76±0,07 ^b	12,67±0,39 ^a	11,73±0,00 ^b
°Brix	YT	6,85±0,07 ^b	6,85±0,07 ^b	6,80±0,00 ^b	7,15±0,07 ^a
	YP	8,85±0,21 ^a	8,60±0,28 ^a	8,40±0,14 ^a	8,55±0,07 ^a
	YS	8,15±0,07 ^b	8,20±0,00 ^b	8,15±0,07 ^b	8,65±0,21 ^a
	YR	8,20±0,14 ^a	7,85±0,21 ^a	7,80±0,28 ^a	7,85±0,07 ^a

YT: Yaourt témoin; **YP:** Yaourt au poudre de dattes; **YS:** Yaourt au sirop de dattes; **YR:** Yaourt au résidu de dattes. Les valeurs avec des lettres (a, b, c, d) de la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

IV.1.1 Suivi de l'évolution du pH

L'évolution du pH est marquée par la production d'acide lactique, qui est l'une des fonctions essentielles des bactéries lactiques dans les produits laitiers (**Benmeziane et al., 2021**). Nous avons remarqué que le pH des échantillons diminuait à mesure que la durée de stockage augmentait du jour 1 au jour 21 (**Figure 5A**).

Le pH est passé de $4,41 \pm 0,05^a$ à $4,31 \pm 0,00^b$, de $4,46 \pm 0,00^a$ à $4,23 \pm 0,01^c$ et de $4,47 \pm 0,01^a$ à $4,18 \pm 0,01^c$ dans les yaourts incorporés avec la poudre de dattes, le sirop de dattes et le résidu de dattes, respectivement; et de $4,42 \pm 0,01^a$ à $4,15 \pm 0,00^b$ dans le yaourt témoin.

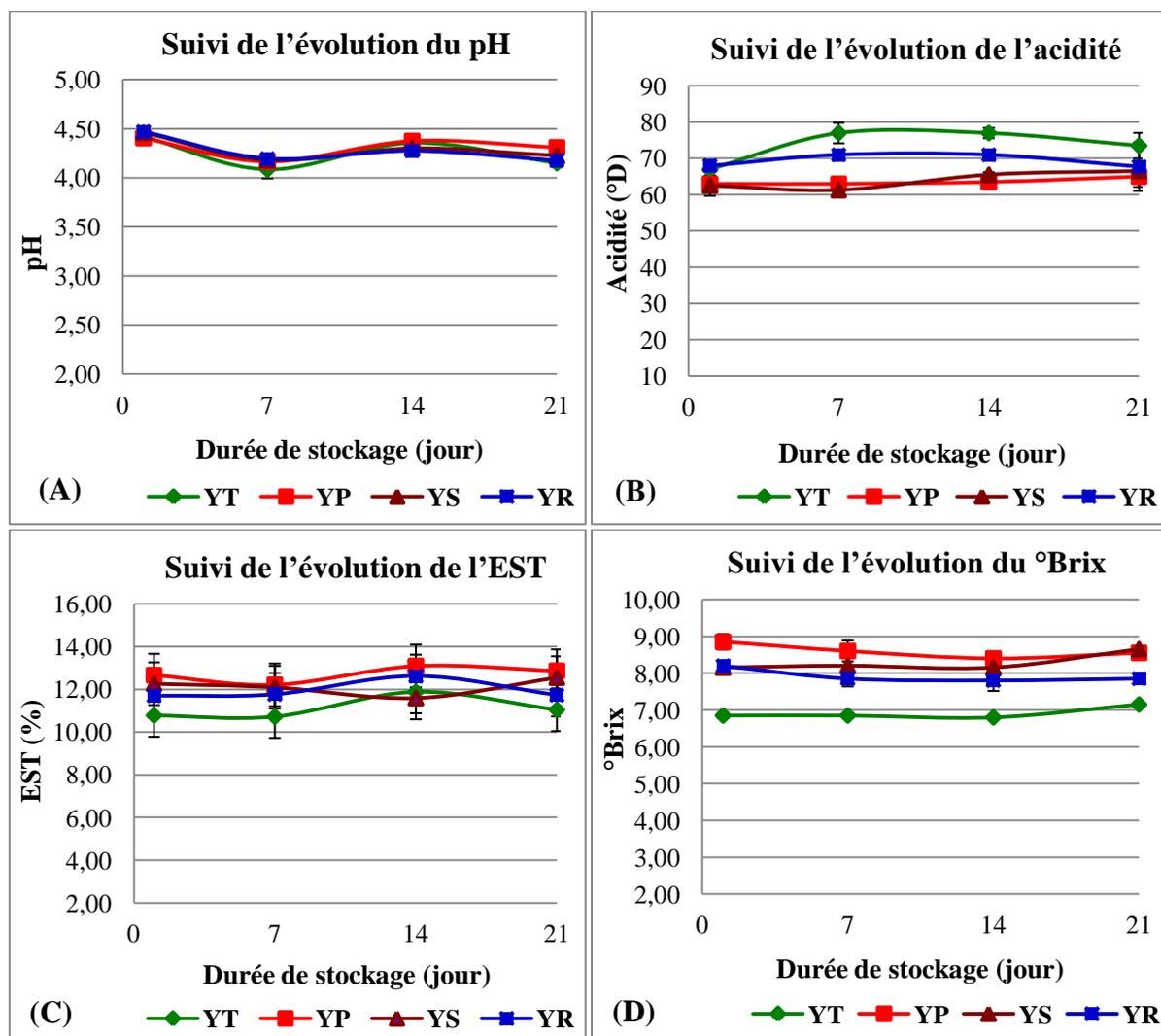


Figure 5 : Evolution des paramètres physico-chimiques des yaourts durant le stockage.

Cette diminution est due à l'accumulation d'acide lactique provenant du métabolisme des deux espèces bactériennes. En effet, le maintien du yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, mais il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. De même, des travaux antérieurs ont rapporté une diminution du pH dans les différentes formulations de yaourt durant la période de stockage (Ahmed et al., 2021; Almusallam et al., 2021; Buchilina et Aryana, 2021). En revanche, Mohan et al. (2020) ont signalé une augmentation marginale du pH pour les yaourts sucrés au miel au 21^{ème} jour de stockage.

Ces écarts sont probablement dus à la nature de la matière première utilisée et aux conditions de fabrication. Néanmoins, l'ajout des sous produits de dattes, n'a pas affecté le pH des yaourts par rapport au témoin. Ces auteurs ont expliqué cela par la production d'amines biogènes, après épuisement des substrats sucrés par les ferments et l'utilisation des protéines végétales disponibles dans le milieu.

IV.1.2 Suivi de l'évolution de l'acidité titrable

Les valeurs mesurées de l'acidité titrable au cours de la période de stockage ont été présentées dans le **Tableau IV** et la **Figure 5B**. L'évolution de l'acidité pendant le stockage a été marquée par une augmentation (de $62,50 \pm 2,83^{bc}$ à $66,50 \pm 0,71^a$ °D et de $67,00 \pm 0,71^b$ à $73,50 \pm 3,54^a$ °D dans le yaourt incorporé avec le sirop de dattes et dans l'échantillon témoin, respectivement); et une stabilisation dans les yaourts à la poudre et au résidu de dattes (de $63,00 \pm 0,00^a$ à $65,00 \pm 2,83^a$ °D et de $68,00 \pm 1,41^a$ à $67,75 \pm 6,72^a$ °D, respectivement). Cette augmentation peut être expliquée par l'accumulation de l'acide lactique produit par les espèces bactériennes en présence des nutriments nécessaires à leur croissance.

De la même manière, **Choi et al. (2016)** ont rapporté que l'acidité continuait d'augmenter indépendamment de l'ajout d'extrait éthanolique de cannelle pendant le stockage du yaourt à 4 °C pendant 28 jours. Dans les yaourts additionnés de pectine à différentes concentrations (0; 0,1; 0,3 et 0,6%), il a été observé une augmentation progressive de l'acidité donnant des valeurs moyennes de 95,12; 96,23 et 96,69 °D aux 7, 14 et 21^{ème} jour de stockage à 4 °C, respectivement (**Arioui et al., 2017**). Les différences entre les valeurs enregistrées peuvent s'expliquer par la composition du milieu et l'activité acidifiante de la culture de démarrage comme indiqué par **Vénica et al. (2018)**. Ces derniers ont rapporté une acidité comprises entre 70 et 80 °D dans différents types de yaourt (traditionnel; traditionnel au saccharose; délactosé et délactosé avec du saccharose) après 28 jours de stockage.

IV.1.3 Suivi de l'évolution de l'extrait sec total (EST)

L'incorporation de la poudre, sirop et résidu de dattes a augmenté l'EST des yaourts enrichis par rapport au témoin. En effet, l'EST varie, d'une manière non significative ($p < 0,05$), entre $12,67 \pm 0,39^{ab}$ et $12,87 \pm 0,04^a$, $12,26 \pm 0,27^a$ et $12,55 \pm 0,00^a$, $11,70 \pm 0,40^b$ et $11,73 \pm 0,00^b$ et entre $10,78 \pm 0,47^b$ et $11,05 \pm 0,06^b$ g/100 g pour le YP, YS, YR et YT, du jour 1 au jour 21, respectivement (**Tableau IV et Figure 5C**).

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de **Ozturkoglu-Budak et al. (2016)** et **Ahmad et al. (2020)** qui ont rapporté que l'ajout de prébiotiques (noix et extrait phénolique de la pelure de pomme, respectivement) augmente les solides totaux dans le yaourt enrichi. Cependant, **Elsanhoty et Ramadan (2018)** ont rapporté que l'ajout de β -glucane d'orge avait un effet non significatif sur la composition chimique (protéines, solides totaux, lactose et cendres) des yaourts enrichis pendant toute la période de stockage. Au contraire, l'ajout de l'extrait de gingembre à différentes concentrations a entraîné une diminution de l'extrait sec de 18,72 g/100 g dans le yaourt nature à 16,28 g/100 g comme valeur minimale dans les yaourts contenant des extraits de gingembre. Cela était dû à la teneur élevée en eau de l'extrait de gingembre et à son effet de dilution (**Amadou et al., 2018**).

IV.1.4 Suivi de l'évolution de la teneur en solides solubles (TSS) ou °Brix

L'effet de l'ajout des sous produits de dattes sur la teneur en solides solubles des échantillons de yaourt pendant la période d'entreposage au froid est indiqué dans le **Tableau IV** et la **Figure 5D**. La teneur moyenne en solides solubles des yaourts varie d'une manière non significative ($p < 0,05$), entre $8,85 \pm 0,21^a$ et $8,55 \pm 0,07^a$ °Brix pour le YP et entre $8,20 \pm 0,14^a$ et $7,85 \pm 0,07^a$ °Brix pour le YR, et d'une manière significative ($p > 0,05$) pour le YS entre $8,15 \pm 0,07^b$ et $8,65 \pm 0,21^a$ °Brix et pour le YT entre $6,85 \pm 0,07^b$ et $7,15 \pm 0,07^a$ °Brix, du jour 1 au jour 21, respectivement. Le yaourt enrichi avec la poudre a présenté la teneur la plus élevée, suivis respectivement, du yaourt au sirop et au résidu de dattes ainsi que le témoin. Ces résultats concordent avec ceux obtenus par **Haneen (2019)** et **Kale et al. (2011)**

IV.2 Détermination de la capacité de rétention d'eau (CRE) et de la synérèse

La capacité de rétention d'eau et la synérèse sont des attributs physiques importants du yaourt, car ils peuvent influencer l'acceptabilité et la durée de conservation du produit (**Kiros et al., 2016**). Dans cette étude, la CRE et la synérèse ont été influencées par l'ajout des sous produits de dattes (**Figure 6**). L'incorporation des sous produits de dattes a influencé d'une manière significative et positive la CRE ($60,04 \pm 1,07^c$, $61,55 \pm 0,09^b$ et $64,15 \pm 0,24^a\%$) et a réduit significativement d'une manière significative et négative la synérèse ($39,96 \pm 1,07^b$, $38,45 \pm 0,09^c$ et $35,85 \pm 0,24^d\%$) des yaourts enrichis par rapport au témoin ($51,02 \pm 0,24^d$ et $48,98 \pm 0,24^a\%$). L'amélioration de la CRE pourrait être le résultat de l'interaction de certains composants des dattes, tels que les polyphénols, avec les protéines du yaourt, ce qui a rendu la matrice (gel) du substrat plus ferme et qui a permis de retenir son lactosérum. La réaction des polyphénols avec les protéines du yaourt pourrait modifier la structure et améliorer l'affinité des protéines, favorisant ainsi la cohésion des protéines (**Kwon et al., 2019**).

Globalement, l'incorporation des sous produits de dattes riches en fibres alimentaires dans le yaourt pourrait stabiliser la matrice du gel et améliorer la qualité du yaourt.

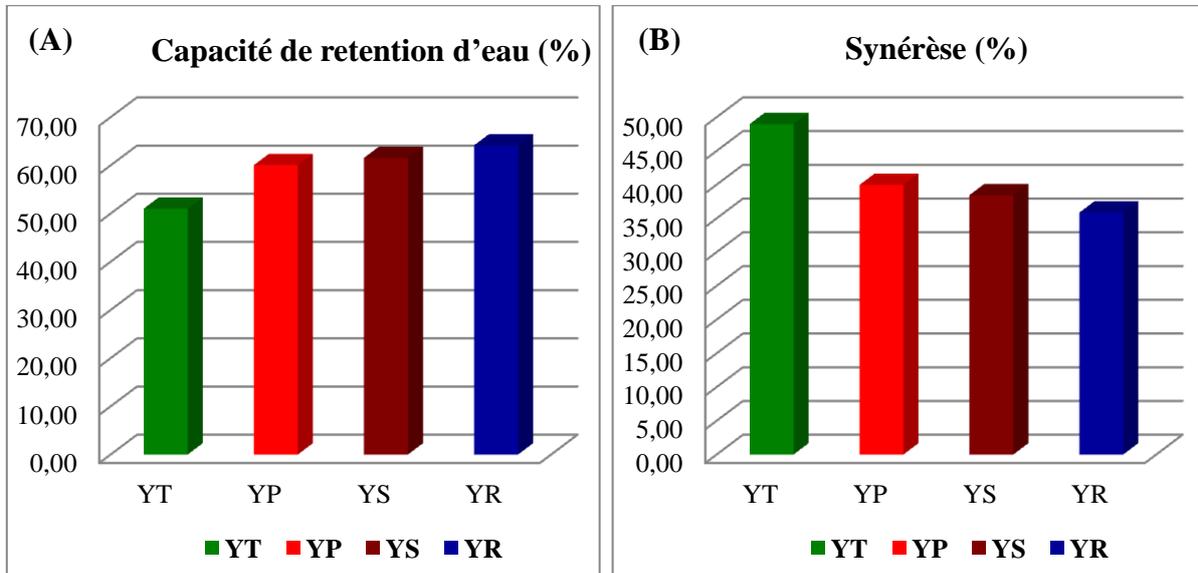


Figure 6 : La capacité de rétention d'eau (A) et la synérèse (B) des yaourts.

IV.3 Détermination de la viscosité

La viscosité peut être affectée par la méthode de préparation, le type de culture de démarrage, le traitement thermique et la composition de la formulation (Jaster et al., 2018). Les analyses de la viscosité des yaourts sont illustrées dans la Figure 7.

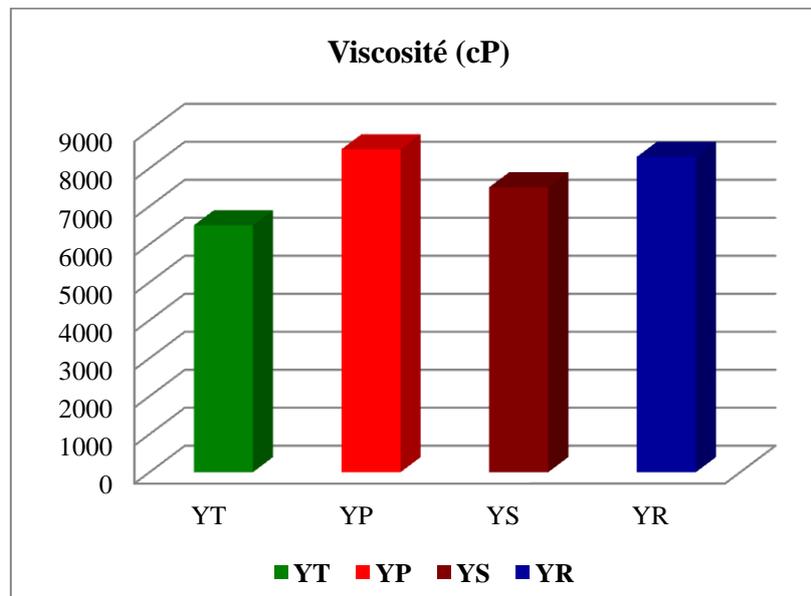


Figure 7 : La viscosité des yaourts formulés.

Comme on peut le voir, des différences ont été observées dans la viscosité des yaourts montrant l'ordre suivant: YP (8500 ± 0^a cP) > YR (8300 ± 0^b cP) > YS (7500 ± 0^c cP) > YT (6500 ± 0^d cP). La différence enregistrée entre les yaourts enrichis aux sous produits de dattes et le yaourt témoin, peut être attribuée à l'interaction des fibres et des protéines des dattes avec l'eau du yaourt, ce qui conduit à un réseau tridimensionnel plus fort et à augmenter la résistance du yaourt à débiter. Selon la littérature **Baba et al. (2018)** et **Zannini et al. (2018)**, les composés des fibres et des protéines peuvent augmenter la capacité de rétention d'eau, entraînant la formation de gels visqueux et favorisant ainsi des viscosités plus élevées. De même, des études antérieures ont montré que l'addition de l'extrait des feuilles de moringa (**Zhang et al., 2019**), des feuilles de l'olivier (**Cho et al., 2020**), de graines de Chia (**Kwon et al., 2019**), poudre de grenade (**Pan et al., 2019**) et fibres d'orange (**Erkaya-Kotan, 2020**) augmente la viscosité du yaourt.

IV.4 Évaluation de la qualité microbiologique durant le stockage

Les résultats de l'analyse de la qualité microbiologique (**Tableau V**) ont indiqué que toutes les formulations évaluées ont atteint une qualité satisfaisante au cours des 21 jours de stockage.

Tableau V : Résultats du suivi de la qualité microbiologique des yaourts durant le stockage.

Germe (UFC/g)	Echantillon	Jour 1	Jour 7	Jour 14	Jour 21	Norme JORA
Entérobactéries	YT	Abs	Abs	Abs	Abs	≤10
	YP	Abs	Abs	Abs	Abs	
	YS	Abs	Abs	Abs	Abs	
	YR	Abs	Abs	Abs	Abs	
<i>Staphylococcus aureus</i>	YT	Abs	Abs	Abs	Abs	10
	YP	Abs	Abs	Abs	Abs	
	YS	Abs	Abs	Abs	Abs	
	YR	Abs	Abs	Abs	Abs	
Salmonelles	YT	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
	YP	Abs	Abs	Abs	Abs	
	YS	Abs	Abs	Abs	Abs	
	YR	Abs	Abs	Abs	Abs	

YT: Yaourt témoin; **YP:** Yaourt au poudre de dattes; **YS:** Yaourt au sirop de dattes; **YR:** Yaourt au résidu de dattes; **JORA:** Journal Officiel de la République Algérienne.

L'absence des Entérobactéries, des *Staphylococcus aureus* et des Salmonelles étaient dans les limites fixées par la législation en vigueur (JORA, 2017), assurant la sécurité pour la consommation humaine. Selon l'évaluation microbiologique, les sous produits des dattes à savoir la poudre, le sirop et le résidu, peuvent être utilisés en toute sécurité pour le processus d'enrichissement. Aucune contamination microbiologique n'a été détectée dans les yaourts élaborés (YP, YS et YR) ni le yaourt témoin (YT), ce qui suggère que l'hygiène pendant la formulation était à un niveau satisfaisant, conformément aux bonnes pratiques de laboratoire.

IV.5 Analyse sensorielle

IV.5.1 Test du plan d'expérience

La planification expérimentale est une étape fondamentale pour s'assurer que les données collectées seront exploitables dans les meilleures conditions statistiques possibles. Cet outil a pour but de fournir aux spécialistes de l'analyse sensorielle un outil simple et puissant pour établir une étude sensorielle menée auprès des juges (experts et/ou consommateurs) évaluant un ensemble de produits (Perinel et Pages, 2004). La procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée après avoir introduit les données brutes de l'analyse effectuée par le logiciel XLSTAT-MX à savoir: le nombre d'échantillons analysés (04), le nombre de juges (n=10) et le nombre de produits analysés par juge (04) (Tableau VI).

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

A- Efficacité	1
D- Efficacité	1

Après la génération du plan d'expérience, on remarque que les valeurs des deux critères A-Efficacité et D-Efficacité sont affichées (=1), cela signifie que le plan est validé. Les données obtenues sont acceptables et le plan d'expériences est résolvable; ce qui permet l'accès aux autres tests d'XLSTAT-MX et mettre en place une étude sensorielle menée auprès de dix sujets experts évaluant quatre produits.

IV.5.2 Caractérisation des produits

IV.5.2.1 Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits par rapport à celui qui a le plus faible. Les valeurs de p (p -value) sont aussi affichées. Les résultats du test sont présentés dans la figure ci-dessous:

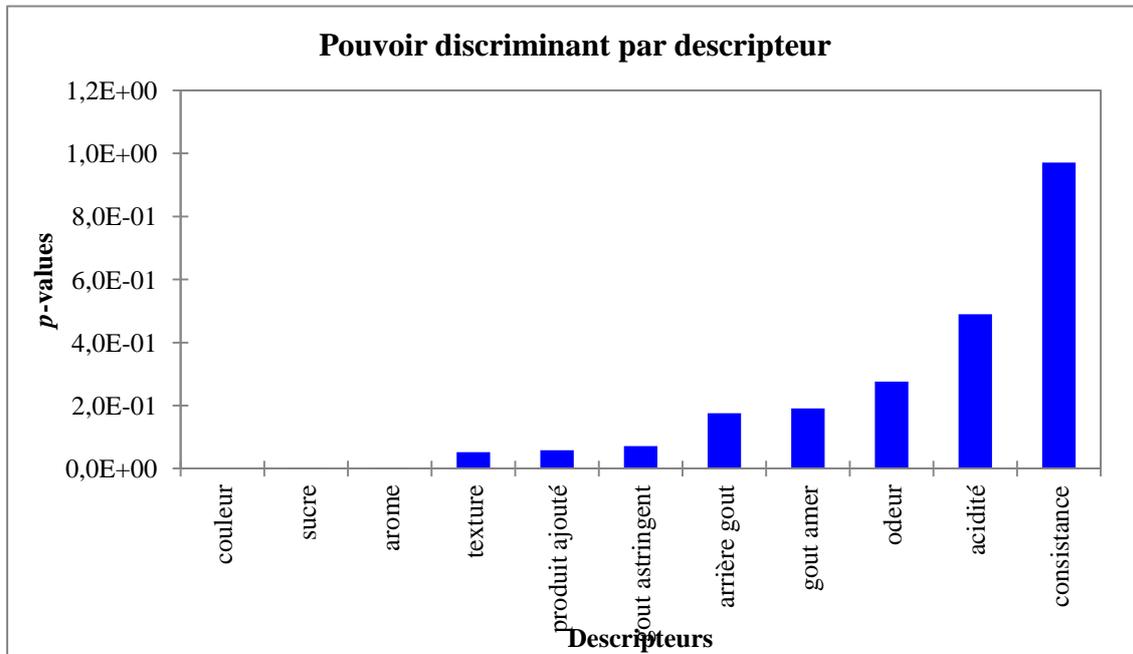


Figure 8 : Pouvoir discriminant par descripteur.

Le graphe précédent rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les quatre échantillons de yaourt. Il permet de visualiser que la couleur la sucrosité et l'arome sont les descripteurs les plus discriminants. Les p -values (0,000) associées montrent un effet significatif du descripteur cela prouve que les experts ont constaté des divergences entre les quatre produits. Par contre, le descripteur le moins discriminé est la consistance avec un p -value égale à 0,971, suivi de l'acidité (0,490), l'odeur (0,276), le goût amer (0,191), l'arrière goût (0,176), le goût astringent (0,072), le produit ajouté (0,059) et la texture en bouche (0,052). Ce qui explique que les experts n'ont pas constaté des divergences des descripteurs énumérés précédemment pour les quatre échantillons dégustés.

IV.5.2.2 Les coefficients des modèles

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

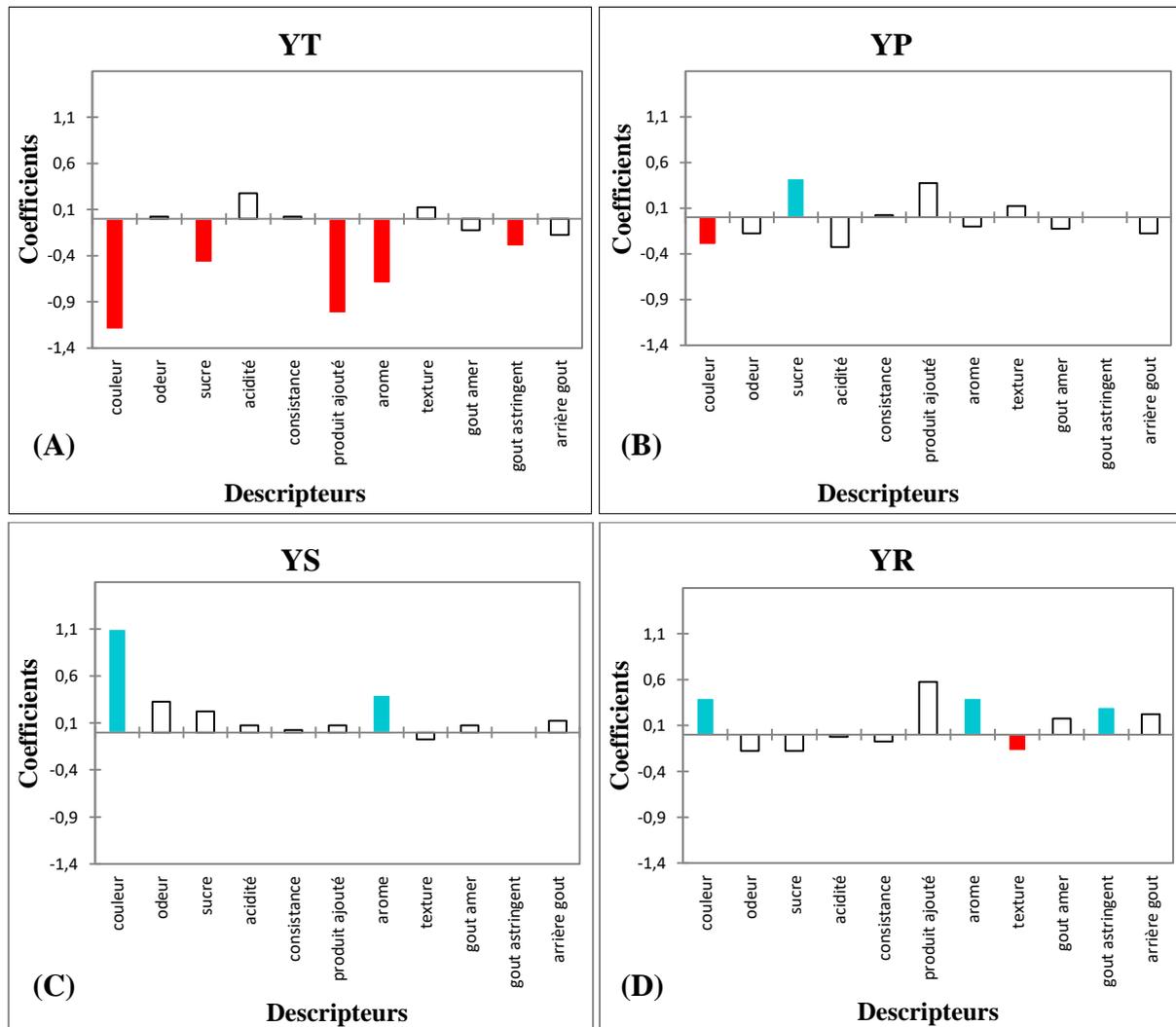


Figure 9 : Coefficient des modèles des échantillons.

Les graphiques de la **Figure 9** permettent de visualiser et de définir les appréciations des descripteurs des quatre échantillons de yaourt (YT, YP, YS et YR) par le jury expert, via trois couleurs différentes. Le bleu représente les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positives et le rouge représente les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatives. Cependant que le blanc représente les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatives. Les résultats sont notés comme suit:

- **L'échantillon YT:** La **Figure 9A** montre que les descripteurs couleur, sucrosité, produits ajoutés, arôme et goût astringent sont présentés en rouge. Cependant que les descripteurs odeur, acidité, consistance, texture, goût amère et arrière goût sont présentés en blanc. Cela mène à dire que le yaourt témoin est caractérisé par une couleur blanche une faible sucrosité et sans produits ajoutés, arôme et goût astringent. Les autres descripteurs ne sont pas caractérisés par l'ensemble des experts et leurs coefficients ne sont pas significatifs.
- **L'échantillon YP:** La **Figure 9B** illustre que la sucrosité est présentée en bleu, la couleur en rouge et les autres caractéristiques (odeur, acidité, consistance, produit ajoutée, arôme, texture, arrière goût, goût amère et astringent) en blanc. Cela signifie que le YP est caractérisé par une sucrosité forte et une couleur beige. Les autres descripteurs ne sont pas caractérisés par l'ensemble des experts.
- **L'échantillon YS:** La **Figure 9C** montre que la couleur et l'arôme sont présentés en bleu, et les autres caractéristiques (odeur, sucre, acidité, consistance, produit ajoutés, texture, arrière goût et goût amère) en blanc. Cela signifie que le YS est caractérisé par une couleur et un arôme qui sont forts.
- **L'échantillon YR:** La **Figure 9D** illustre que la couleur, l'arôme et le goût astringent, sont présentés en bleu, la texture en rouge et les autres caractéristiques (odeur, sucre, acidité, consistance, produit ajoutée, texture, arrière goût, goût amère) en blanc. Cela signifie que le YR est caractérisé par une couleur et un arôme qui sont forts et un goût astringent.

IV.5.2.3 Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Les résultats des moyennes ajustées par produit sont présentés dans le **Tableau VII**.

Tableau VII : Moyennes ajustées par produit.

	Goût		Goût Arrière		Produit		Odeur	Acidité	Consistance	Texture	
	Arome	astringent	amer	goût	ajouté	Couleur					
D	2,200	1,700	1,400	1,500	2,600	2,600	1,400	2,100	2,600	3,200	4,000
C	2,200	1,400	1,300	1,400	2,100	3,300	1,800	2,600	2,700	3,300	4,100
B	1,700	1,400	1,100	1,100	2,400	1,900	2,000	2,100	2,300	3,300	4,300
A	1,100	1,100	1,100	1,100	1,000	1,000	1,100	2,300	2,900	3,300	4,300

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

- **Pour le YT:** Les descripteurs arôme, goût astringent, produits ajoutés, couleur, sucrosité sont significativement inférieurs à la moyenne globale.
- **Pour le YP:** La sucrosité est significativement supérieure à la moyenne globale, quant au descripteur couleur, il est significativement inférieur à la moyenne.
- **Pour le YS:** Les descripteurs arôme, couleur sont significativement supérieurs à la moyenne globale.
- **Pour le YR:** Les descripteurs arôme, couleur, goût astringent sont significativement supérieurs à la moyenne globale, quant au descripteur texture, il est significativement inférieur à la moyenne.

IV.5.3 Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes d'analyse de données multi-variées les plus utilisées. Elle permet d'explorer des jeux de données multidimensionnelles constituées de variables quantitatives. Elle peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations, depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimensions, ($k < p$) tel qu'un maximum d'informations soit conservé (l'information est ici mesurée à travers la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Si l'information associée aux 2 ou 3 premiers axes représente un pourcentage suffisant de la variabilité totale du nuage de points, on pourra représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi l'interprétation (Jolliffe, 2002). La carte ci-dessous élucide les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP.

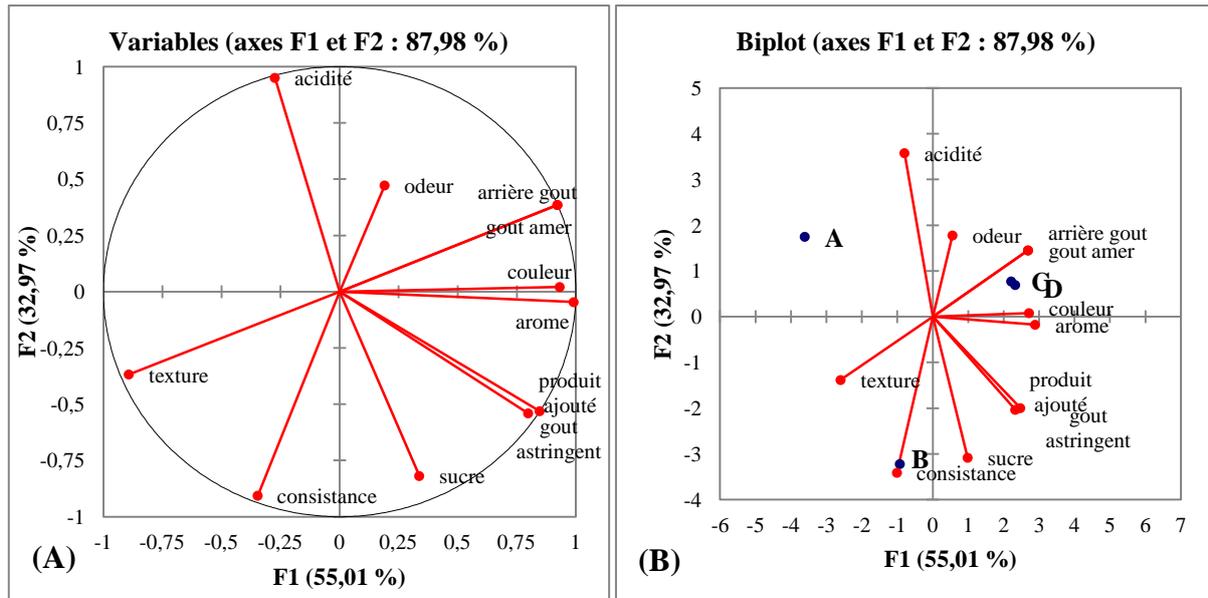


Figure 10 : Analyse en composantes principales (ACP): corrélation entre les variables (A) et les facteurs (B).

La figure obtenue montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle, et que le niveau de variabilité est de 87,98%. Cela permet de constater que les quatre échantillons de yaourt sont perçus par les experts comme assez différents car les descripteurs sont bien dispersés dans le cercle.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'Algérie est un pays caractérisé par une diversité biologique importante du palmier dattier. Les dattes, étant donné leur richesse en sucre, elles peuvent remplacer le sucre blanc raffiné dans les formulations alimentaires et préserver ainsi la santé du consommateur. Ce travail vise la valorisation des dattes sèches de la variété Degla-Beida par l'élaboration des yaourts fermes nature à forte valeur ajoutée, enrichis avec les sous produits de dattes à savoir: la poudre de dattes (YP), le sirop de dattes (YS) et le résidu de dattes (YR) généré après la préparation du sirop de dattes.

L'enrichissement des yaourts avec les sous produits de dattes met en jeu plusieurs paramètres technologiques affectant, tant les caractéristiques physico-chimiques et hygiéniques qu'organoleptiques. Le suivi des paramètres physico-chimiques des yaourts enrichis et du yaourt témoin (YT) pendant 21 jours de stockage au froid (4 °C), montre une diminution du pH et une augmentation de l'acidité titrable expliquée par l'accumulation de l'acide lactique produit par les deux espèces bactériennes en présence des nutriments nécessaires à leur croissance. Ainsi qu'une augmentation de l'extrait sec total (EST) et une diminution du °Brix. Les résultats des analyses microbiologiques des quatre yaourts ont montré clairement leur parfaite conformité aux normes. Aucune contamination microbiologique n'a été détectée pendant les 21 jours de stockage. L'analyse sensorielle des yaourts formulés, réalisé afin de receler la qualité organoleptique, a montré l'acceptabilité des produits par les jurys experts et permet de faire ressortir le classement de préférence suivant: en premier lieu le yaourt à 2% de sirop de dattes, suivi du yaourt à 2% de poudre de dattes, puis le yaourt à 2% de résidu de dattes, et le dernier est le yaourt nature.

En perspective, il semble très intéressant pour les industries yaourtière d'utiliser les sous-produits des dattes comme ingrédients alimentaires naturels, pour améliorer la qualité des yaourts. Nous encourageons à ce qu'il y aurait d'autres recherches plus profondes, qui vont accentuer le présent travail et le compléter. Nous proposons de ce fait:

- La détermination de la composition chimique des yaourts formulés;
- L'analyse des minéraux par la spectrométrie d'absorption atomique (SAA);
- L'observation de la microstructure par microscopie électronique à balayage (MEB);
- L'analyse granulométrique par diffraction des rayons X (DRX);
- L'évaluation de leur activité antioxydante durant la période de stockage;
- Effectuer une étude économique sur le coût de production sur le plan industriel

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abd El-Gawal, I., El-Sayed, E., El-Zeini, H., Hafez, S., Saleh, F. 2014. Antibacterial activity of probiotic yoghurt and soy-yoghurt against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *J Nutr Food Sci*, **4**(303), 2.
- Abutaha, N., Semlali, A., Baabbad, A., Al-Shami, M., Alanazi, M., & Wadaan, M. (2018). Anti-proliferative and anti-inflammatory activities of entophytic *Penicillium crustosum* from *Phoenix dactylifer*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, **31**, 421-427.
- Acourene, S. 2013. Valorisation biotechnologique des dattes de faible valeur marchande par la production de la levure boulangère, éthanol, acide citrique et α -amylase.
- Addinsoft. (2013). XLSTAT, Analyse de données et statistique avec Mx Excel. Addinsoft, NY, USA.
- Ahmad, I., Khaliq, A., Shahid, M.Q., Ahid Rashid, A., Faiz, F., Ikram, M.A., Ahmed, S., Imran, M., Khan, M.A., Nadeem, M. 2020. Studying the influence of apple peel polyphenol extract fortification on the characteristics of probiotic yoghurt. *Plants*, **9**(1), 77.
- Ahmed, I.A.M., Alqah, H.A., Saleh, A., Al-Juhaimi, F.Y., Babiker, E.E., Ghafoor, K., Hassan, A.B., Osman, M.A., Fickak, A. 2021. Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel* Hayne) leaf extract. *LWT*, **137**, 110389.
- Al-Hilphy, A.R., Al-Fekaiki, D.F., Al Hilfi, M.K., Lee, P.H., Mousavi Khaneghah, A., Gavahian, M. 2021. Pilot-scale hydraulic-pressure extraction of Sukari date honey (*Phoenix dactylifera* L.) to enhance resource efficiency: Effects of processing parameters on bioactive compounds and physicochemical quality. *Journal of Food Process Engineering*, e13746.
- Alahyane, A., Harrak, H., Elateri, I., Ayour, J., Ait-Oubahou, A., Benichou, M., Abderrazik, M. 2021. Evaluation of some nutritional quality criteria of seventeen Moroccan dates varieties and clones, fruits of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Brazilian Journal of Biology*, **82**.
- Allam, A., Djafnri, K., Bergouia, M., Khemissat, E.-H., Tama, M., Taleb, B. 2021. Morphological and physicochemical characterisation of date palm cultivars from Ghardaïa (Southeast Algeria).
- Almusallam, I.A., Ahmed, I.A.M., Babiker, E.E., Al-Juhaimi, F.Y., Saleh, A., Qasem, A.A., Al Maiman, S., Osman, M.A., Ghafoor, K., Hajji, H.A. 2021. Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage. *LWT*, 111762.

- Allaith, A. A. A. (2008). Antioxidant activity of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit of various cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, **43**(6), 1033-1040.
- Al-Qarawi, A. A., Ali, B., Al-Mougy, S. A., and Mousa, H. (2003). Gastrointestinal transit in mice treated with various extracts of date (*Phoenix dactylifera* L.). *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, **41**, 37-39.
- Amellal, H. 2008. Aptitude technologiques de quelques variétés commune. de dattes: formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de l'ingénieur, Université M'hamed Bougera de Boumerdes.
- Amiour, S.D., Alloui-Lombarkia, O., Bouhdjila, F., Ayachi, A., Hambaba, L. 2014. Étude de l'implication des composés phénoliques des extraits de trois variétés de datte dans son activité antibactérienne. *Phytothérapie*, **12**(2), 135-142.
- Arioui, F., Ait Saada, D., Cheriguene, A. 2017. Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of *Citrus sinensis*. *Food science & nutrition*, **5**(2), 358-364.
- Baba, W.N., Jan, K., Punoo, H.A., Wani, T.A., Dar, M.M., Masoodi, F. 2018. Techno-functional properties of yoghurts fortified with walnut and flaxseed oil emulsions in guar gum. *LWT*, **92**, 242-249.
- Baruzzi, F., de Candia, S., Quintieri, L., Caputo, L., De Leo, F. 2017. Development of a synbiotic beverage enriched with bifidobacteria strains and fortified with whey proteins. *Frontiers in microbiology*, **8**, 640.
- Basuny, A. M. M., and Al-Marzooq, M. A. (2011). Production of mayonnaise from date pit oil. *Food and Nutrition Sciences*, **2**, 938–943.
- Belmir, S., Boucherit, K., Boucherit-Otmani, Z., and Belhachemi, M.-H. (2016). Effect of aqueous extract of date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) on therapeutic index of amphotericin B. *Phytothérapie*, **14**(2), 97-101.
- Ben Abbes F. (2011). Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes « *Phoenix dactylifera*L. », 6-8.
- Benmeziane, F., Raigar, R.K., Ayat, N.E.-H., Aoufi, D., Djermoune-Arkoub, L., Chala, A. 2021. Lentil (*Lens culinaris*) flour addition to yogurt: Impact on physicochemical, microbiological and sensory attributes during refrigeration storage and microstructure changes. *LWT*, **140**, 110793.
- Bisanz, J.E., Macklaim, J.M., Gloor, G.B., Reid, G. 2014. Bacterial metatranscriptome analysis of a probiotic yogurt using an RNA-Seq approach. *International Dairy Journal*, **39**(2), 284-292.

- Boukhiar, A. 2009. Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes tel qu'appliqué au sud algérien: essai d'optimisation.
- Buchilina, A., Aryana, K. 2021. Physicochemical and microbiological characteristics of camel milk yogurt as influenced by monk fruit sweetener. *Journal of dairy science*, **104**(2), 1484-1493.
- Chaira, N., Smaali, I., Martínez-Tomé, M., Mrabet, A., Murcia, M., & Ferchichi, A. (2009). Simple phenolic composition, flavonoid contents and antioxidant capacities in water-methanol extracts of Tunisian common date cultivars (*Phoenix dactylifera* L.). *International journal of food sciences and nutrition*, **60**, 316-329.
- Chandrasekaran, M., & Bahkali, A. H. (2013). Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology – Review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, **20**, 105–120.
- Cho, W.-Y., Kim, D.-H., Lee, H.-J., Yeon, S.-J., Lee, C.-H. 2020. Quality characteristic and antioxidant activity of yogurt containing olive leaf hot water extract. *CyTA-Journal of Food*, **18**(1), 43-50.
- Choi, Y.J., Jin, H.Y., Yang, H.S., Lee, S.C., Huh, C.K. 2016. Quality and storage characteristics of yogurt containing *Lacobacillus sakei* ALI033 and cinnamon ethanol extract. *Journal of animal science and technology*, **58**(1), 1-7.
- Cutrim, C.S., de Barros, R.F., da Costa, M.P., Franco, R.M., Conte-Junior, C.A., Cortez, M.A.S. 2016. Survival of *Escherichia coli* O157: H7 during manufacture and storage of traditional and low lactose yogurt. *LWT*, **70**, 178-184.
- Deshpande, N.M., Deshpande, M.M., Dravyaguna, D. 2017. Date fruit (*Phoenix dactylifera* Linn)–a review on nutritional values, phytochemicals and pharmacological actions. *World J Pharm Res*, **6**(8), 419-26.
- Djaoud, K., Arkoub-Djermoune, L., Remini, H., Sait, S., Tazarourte, M., Hadjal, S., Romero, A., Madani, K., Boulekbache-Makhlouf, L. 2019. Syrup from common date variety (*Phoenix dactylifera* L.): Optimization of sugars extraction and their quantification by high performance liquid chromatography. *Current Nutrition & Food Science*, **15**, 1-13.
- Djaoud, K., Boulekbache-Makhlouf, L., Yahia, M., Mansouri, H., Mansouri, N., Madani, K., Romero, A., 2020a. Dairy dessert processing : Effect of sugar substitution by date syrup and powder on its quality characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation* **44**, e14414.
- Echegaray, N., Pateiro, M., Gullon, B., Amarowicz, R., Misihairabgwi, J.M., Lorenzo, J.M. 2020. *Phoenix dactylifera* products in human health–A review. *Trends in food science & technology*.

- El Fouhil, A. F., Ahmed, A. M., Darwish, H. H., Atteya, M., & Al-Roalle, A. H. (2011). An extract from date seeds having a hypoglycemic effect. Is it safe to use? *Saudi Medical Journal*, *32*(8), 791-796.
- Elsanhoty, R.M., Ramadan, M.F. 2018. Changes in the physicochemical and microbiological properties of probiotic-fermented low-fat yoghurt enriched with barley β -glucan during cold storage. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, *68*(4), 295-309.
- Erkaya-Kotan, T. 2020. In vitro angiotensin converting enzyme (ACE)-inhibitory and antioxidant activity of probiotic yogurt incorporated with orange fibre during storage. *Journal of food science and technology*, *57*(6), 2343-2353.
- FAOSTAT. Agriculture organization of the United Nations statistics division. 2021; 2021 Production Available in: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>.
- Farag, M.A., Saleh, H.A., El Ahmady, S., Elmassry, M.M. 2021. Dissecting Yogurt: the Impact of Milk Types, Probiotics, and Selected Additives on Yogurt Quality. *Food reviews international*, 1-17.
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M.J., Díaz-Castro, J., López-Aliaga, I. 2020. New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, *72*, 104059.
- Ghnimi, S., Umer, S., Karim, A., Kamal-Eldin, A. 2017. Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *NFS journal*, *6*, 1-10.
- Gibson, G.R., Hutkins, R.W., Sanders, M.E., Prescott, S.L., Reimer, R.A., Salminen, S.J., Scott, K., Stanton, C., Swanson, K.S., Cani, P.D. 2017. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics.
- Gilles, P. 2000. *Cultiver le palmier-dattier*. GRIDAO.
- Gouda, A.S., Adbelruhman, F.G., Alenezi, H.S., Mégarbane, B. 2021. Theoretical benefits of yogurt-derived bioactive peptides and probiotics in COVID-19 patients—a narrative review and hypotheses. *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- Haneen, H.M. 2019. Physicochemical, microbiological and sensory evaluation of yogurt prepared with date paste. *Asian Journal of Applied science and Technology*, *3*(1), 234Y48.
- Hill, D., Ross, R.P., Arendt, E., Stanton, C. 2017. Microbiology of yogurt and bio-yogurts containing probiotics and prebiotics. in: *Yogurt in health and disease prevention*, Elsevier, pp. 69-85.
- Hussain, M.I., Farooq, M., Syed, Q.A. 2020. Nutritional and biological characteristics of the date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.)—A review. *Food Bioscience*, *34*, 100509.

- Ishurd, O., and Kennedy, J. (2005). The anti-cancer activity of polysaccharide prepared from Libyan dates (*Phoenix dactylifera* L.). *Carbohydrate Polymers*, **59**, 531-535.
- Januário, J., da Silva, I., De Oliveira, A., De Oliveira, J., Dionísio, J., Klososki, S., Pimentel, T. 2017. Probiotic yoghurt flavored with organic beet with carrot, cassava, sweet potato or corn juice: Physicochemical and texture evaluation, probiotic viability and acceptance. *International Food Research Journal*, **24**(1).
- Jassim, S. A. A., and Naji, M. A. (2010). *In vitro* Evaluation of the Antiviral Activity of an Extract of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Pits on a Pseudomonas Phage. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, **7**(1), 57-62.
- Jaster, H., Arend, G.D., Rezzadori, K., Chaves, V.C., Reginatto, F.H., Petrus, J.C.C. 2018. Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp obtained by block freeze concentration. *Food Research International*, **104**, 119-125.
- Jolliffet I. T. 2002. Principal Component Analysis, 2^{ème} Edition. Springer, New York, 13-18.
- JORA N° 39 du 2 juillet 2017. Arrêté interministériel relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.
- Kale, R., Kadam, S., Hashmi, S. 2011. Studies on effect of different varieties of date palm paste incorporation on quality characteristics of yoghurt. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, **10**(6), 2371-2381.
- Kamal, R.M., Alnakip, M.E., Abd El Aal, S.F., Bayoumi, M.A. 2018. Bio-controlling capability of probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* against some common foodborne pathogens in yoghurt. *International Dairy Journal*, **85**, 1-7.
- Karimi, A.B., Elmi, A., Mirghafourvand, M., Navid, R.B. 2020. Effects of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) on labor and delivery outcomes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy and Childbirth*, **20**(1), 1-14.
- Kiros, E., Seifu, E., Bultosa, G., Solomon, W. 2016. Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. *LWT-Food Science and Technology*, **69**, 191-196.
- Kowaleski, J., Quast, L.B., Steffens, J., Lovato, F., dos Santos, L.R., da Silva, S.Z., de Souza, D.M., Felicetti, M.A. 2020. Functional yogurt with strawberries and chia seeds. *Food Bioscience*, **37**, 100726.
- Kwon, H., Bae, H., Seo, H., Han, S. 2019. Chia seed extract enhances physiochemical and antioxidant properties of yogurt. *Journal of dairy science*, **102**(6), 4870-4876.
- Lapointe-Vignola, C., Québec, F.d.t.l.d. 2002. *Science et technologie du lait: transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique.

- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, *89*(3), 411-420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.051>
- Marsh, A.J., Hill, C., Ross, R.P., Cotter, P.D. 2014. Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives. *Trends in food science & technology*, *38*(2), 113-124.
- Mimouni, Y. 2015. Développement de produits diététiques hypoglycémiants à base de dattes molles variété «Ghars», la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. *Ouargla: universite Kasdi Marbah*.
- Mohan, A., Hadi, J., Gutierrez-Maddox, N., Li, Y., Leung, I.K., Gao, Y., Shu, Q., Quek, S.-Y. 2020. Sensory, Microbiological and Physicochemical Characterisation of Functional Manuka Honey Yogurts Containing Probiotic *Lactobacillus reuteri* DPC16. *Foods*, *9*(1), 106.
- Moineau-Jean, A., Champagne, C.P., Roy, D., Raymond, Y., LaPointe, G. 2019. Effect of Greek-style yoghurt manufacturing processes on starter and probiotic bacteria populations during storage. *International Dairy Journal*, *93*, 35-44.
- Mousavi, M., Heshmati, A., Garmakhany, A.D., Vahidinia, A., Taheri, M. 2019. Optimization of the viability of *Lactobacillus acidophilus* and physico-chemical, textural and sensorial characteristics of flaxseed-enriched stirred probiotic yogurt by using response surface methodology. *LWT*, *102*, 80-88.
- Nyanzi, R., Jooste, P.J., Buys, E.M. 2021. Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects. *Journal of dairy science*, *104*(1), 1-19.
- Ozturkoglu-Budak, S., Akal, C., Yetisemiyen, A. 2016. Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt. *Journal of dairy science*, *99*(11), 8511-8523.
- Pan, L.-H., Liu, F., Luo, S.-Z., Luo, J.-p. 2019. Pomegranate juice powder as sugar replacer enhanced quality and function of set yogurts: Structure, rheological property, antioxidant activity and in vitro bioaccessibility. *LWT*, *115*, 108479.
- Puri, A., Sahai, R., Singh, K. L., Saxena, R. P., Tandon, J. S., and Saxena, K. C. (2000). Immunostimulant activity of dry fruits and plant materials used in indian traditional medical system for mothers after child birth and invalids. *Journal of Ethnopharmacology*, *71*(2), 89-92.
- Qadir, A., Shakeel, F., Ali, A., and Faiyazuddin, M. (2019). Phytotherapeutic potential and pharmaceutical impact of *Phoenix dactylifera* (date palm) : Current research and future prospects. *Journal of Food Science and Technology*, *57*.
- Ramchoun, M., Alem, C., Ghafoor, K., Ennassir, J., Zegzouti, Y.F. 2017. Functional composition and antioxidant activities of eight Moroccan date fruit varieties (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(3), 257-264.

- Rana, M.R., Babor, M., Sabuz, A.A. 2021. Traceability of sweeteners in soy yogurt using linear discriminant analysis of physicochemical and sensory parameters. *Journal of Agriculture and Food Research*, **5**, 100155.
- Ray, R.C., Joshi, V. 2014. Fermented foods: past, present and future. *Microorganisms and fermentation of traditional foods*, 1-36.
- Saeed, M., Ali, S.W., Ramzan, S. 2021. Physicochemical analysis of mango flavored yogurt supplemented with moringa oleifera leaf powder. *Journal of food science and technology*, 1-10.
- Sah, B.N.P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., Donkor, O. 2016. Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, **65**, 978-986.
- Terpou, A., Bekatorou, A., Kanellaki, M., Koutinas, A.A., Nigam, P. 2017. Enhanced probiotic viability and aromatic profile of yogurts produced using wheat bran (*Triticum aestivum*) as cell immobilization carrier. *Process Biochemistry*, **55**, 1-10.
- Turkmen, N., Akal, C., Özer, B. 2019. Probiotic dairy-based beverages: A review. *Journal of Functional Foods*, **53**, 62-75.
- Ubah, S. A., Agbonu, O. A., Columbus, P. K., Abah, K. O., Chibuogwu, I. C., Abalaka, S. E., Abayomi, S. B., Enem, S. I., Ejiofor, C. E., & Ajayi, I. E. (2021). Effects of date fruit (*Phoenix dactylifera*) on sperm cell morphology and reproductive hormonal profiles in cypermethrin-induced male infertility in Wister rats. *Scientific African*, **11**, e00713.
- Uddin, M.S., Nuri, Z. 2021. Nutritional values and pharmacological importance of date fruit (*Phoenix dactylifera* Linn): A review. *Journal of Current Research in Food Science*, **2**(1), 27-30.
- Vénica, C.I., Wolf, I.V., Suárez, V.B., Bergamini, C.V., Perotti, M.C. 2018. Effect of the carbohydrates composition on physicochemical parameters and metabolic activity of starter culture in yogurts. *LWT*, **94**, 163-171.
- Wahab, N.A.A., Zulkifli, N.F., Shamaan, N.A., Hamid, N.A., Zahir, N.N.M. 2017. A systematic review on the beneficial effect of date palm (*Phoenix dactylifera*) consumption on energy metabolism. *Advanced Science Letters*, **23**(5), 4712-4716.
- Weerathilake, W., Rasika, D., Ruwanmali, J., Munasinghe, M. 2014. The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, **4**(4), 1-10.
- Yahmed, N.B., Dauptain, K., Lajnef, I., Carrere, H., Trably, E., Smaali, I. 2021. New sustainable bioconversion concept of date by-products (*Phoenix dactylifera* L.) to biohydrogen, biogas and date-syrup. *international journal of hydrogen energy*, **46**(1), 297-305.

- Zannini, E., Jeske, S., Lynch, K.M., Arendt, E.K. 2018. Development of novel quinoa-based yoghurt fermented with dextran producer *Weissella cibaria* MG1. *International Journal of Food Microbiology*, **268**, 19-26.
- Zhang, T., Jeong, C.H., Cheng, W.N., Bae, H., Seo, H.G., Petriello, M.C., Han, S.G. 2019. Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *LWT*, **101**, 276-284.

Annexe



UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA

Laboratoire Biochimie, Biophysique, Biomathématiques et Scientométrie

**Questionnaire d'analyse sensoriel des yaourts sans sucre ajouté**

Avant de participer à cette évaluation sensorielle, veuillez préciser certaines informations vous concernant :

Age : Sexe : féminin masculin

Quatre échantillons de yaourt enrichi, sans sucre ajouté, codés A, B, C et D vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée.

1. La couleur

1. Blanc
2. Blanc cassé
3. Beige
4. Marron clair
5. Marron foncé

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

2. L'intensité de l'odeur (sans gouter)

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

3. La sucrosité

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

4. L'acidité

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

5. La consistance

1. Pas ferme
2. Faiblement ferme
3. Moyennement ferme
4. Ferme
5. Très ferme

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

6. Produit ajouté identifié

1. Non identifié
2. Sirop
3. Poudre de dattes
4. Poudre de caroube
5. Miel

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

7. L'intensité de l'arome (après avoir goûté le yaourt)

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

8. La texture en bouche

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

9. La sensation de goût aigre (Amer)

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

10. Le goût astringent

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

11. L'arrière goût

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

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 représenté dans l'échelle ci-dessous.

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

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D

Merci pour votre participation ☺

Résumé

L'industrie alimentaire est toujours à la recherche d'approches innovantes pour maintenir l'intérêt du consommateur et les sensibiliser à la salubrité des régimes alimentaires. Par conséquent, un grand intérêt a été porté aux additifs alimentaires naturels, à savoir les édulcorants. Dans ce travail, les sous-produits de dattes, poudre, sirop et résidus de la variété de dattes sèches « Degla-Beida », ont été exploités et incorporés dans des yaourts nature sans sucre ajouté (yaourt au poudre de datte (YP), yaourt au sirop de datte (YS) yaourt au résidus de dattes (YR), et ils ont ensuite été comparés à un yaourt témoin (YT). Les échantillons préparés ont été évalués à différentes périodes (1, 7, 14 et 21 jours) pour les propriétés physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques afin de déterminer l'effet de chaque ingrédient. Tous les échantillons ont maintenu la qualité physico-chimique et microbiologique, indépendamment du temps de stockage. Néanmoins, le YS a montré la plus haute acceptabilité par le jury expert, suivi par le YP puis le YR par rapport au YT. En outre, un autre avantage des sous produits de dattes c'est qu'ils possèdent des propriétés rhéologiques et fonctionnelles potentielles (capacité de rétention d'eau (CRE) et synérèse) qui peuvent être conférées aux aliments, en raison de leur teneur élevée en fibres alimentaires.

Mots clé: Exploitation, Degla-Beida, poudre de datte, sirop de dattes, résidu de datte, yaourt.

Abstract

The food industry is always seeking innovative approaches to maintain consumers' interest and increase their awareness towards the healthiness of diets. Therefore, much interest has been given to natural food additives, namely sweeteners. In this work, date by-products, powder, syrup and residue from the dry date variety « Degla-Beida », were exploited and incorporated in nature yogurt formulations with no added sugar (date powder yogurt (PY), date syrup yogurt (SY) and date residue yogurt (RY), and they were further compared with a control yogurt (CY). The prepared samples were evaluated in different periods (1, 7, 14 and 21 days) for physico-chemical, microbiological and organoleptic properties to determine the effect of each ingredient. All samples maintained the physico-chemical and microbiological quality during the storage period. Nonetheless, SY showed the highest acceptability by the expert jury, followed by PY then RY when compared to that of CY. Furthermore, another advantage of this natural ingredients is that it has potential rheological and functional (water retention capacity (WRC) and syneresis) properties that can be conferred to foods, due to their high content of dietary fibers.

Keywords: Exploitation, Degla-Beida, date powder, date syrup, date residue, yogurt.

ملخص

تبحث صناعة المواد الغذائية دائماً عن طرق مبتكرة لإبقاء المستهلكين مهتمين وتنقيهم حول النظم الغذائية الصحية. لذلك ، فقد ظهر اهتمام كبير بالمضافات الغذائية الطبيعية ، مثل المحليات. في هذا العمل ، تم استغلال ودمج منتجات التمر الثانوية ، مسحوق ، شراب وبقايا مجموعة « الدقلة البيضاء » من التمور الجافة ، في تركيبات الزبادي الطبيعية بدون سكر مضاف (زبادي مسحوق التمر (YP) ، زبادي شراب التمر (YS) زبادي بقايا التمر (YR) ، ثم تمت مقارنته بالزبادي الضابط (YT) ، وتم تقييم العينات المحضرة في فترات زمنية مختلفة (1 ، 7 ، 14 ، 21 يوماً) للخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية لتحديد تأثير كل مكون. حافظت جميع العينات على الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية ، بغض النظر عن وقت التخزين. ومع ذلك ، أظهرت YS أعلى قبول من قبل لجنة التحكيم الخبراء ، تليها YP ثم YR مقارنة بـ YT. بالإضافة إلى ذلك ، هناك ميزة أخرى للمنتجات الثانوية للتمر هو أن لديهم خصائص ريولوجية ووظيفية محتملة (قدرة الاحتفاظ بالمياه (CRE) والتأزر) التي يمكن أن تكون ممنوحة للأطعمة ، بسبب محتواها العالي من الألياف الغذائية.

الكلمات المفتاحية: استغلال ، الدقلة البيضاء ، بودرة التمر ، شراب التمر ، بقايا تمر ، زبادي.