الـجمهورية الـجزائرية الـديمقراطية الـشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعــة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم علوم التغذية
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Intitulé :

Valorisation et développement d'ingrédients pour la préparation d'un produit bio fortifié à base de dattes et patates douces

Présenté par :

Belouahri Wissal & Moussaoui Chaima

Soutenu le 11 /06/2025, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président:	M. BOUBELLOUTA Tahar	Prof	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant:	Mme. BOUTANA Wissem	MAA	Université de Bordj Bou Arreridj
Examinateur:	Mme. KERBOUAI Imene	MA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2024/2025

Table des matières

Remerciements
Dédicaces
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction générale……..... 01

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Sous-produits agroalimentaires

I.1. Définition…….....……...……....……..... **03**
I.2. Importance sur le plan nutritionnel et sanitaire....……...……..... **03**
I.2.1. Sur le plan nutritionnel .....……..... **03**
I.2.2. Sur le plan sanitaire……..... **04**
I.3. Exemples de sous-produits agroalimentaires et leurs applications..... **05**
I.3.1. Sous-produits de fruits et légumes..... **05**
I.3.2. Sous-produits de l'industrie céréalière..... **05**
I.3.3. Sous-produits de l'industrie laitière..... **06**

Chapitre II : Technologies de valorisation et propriétés des nouveaux ingrédients

II.1 Technologie de l'extraction **08**
II.2. Technologie de l'encapsulation de composés bioactifs..... **09**
II.3. Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des nouveaux ingrédients..... **10**
II.3.1. Fibres alimentaires..... **10**
II.3.2. Protéines..... **11**
II.3.3. Caroténoïdes..... **12**
II.3.4. Composés phénoliques..... **13**
II.3.5. L'acide phytique..... **13**

Partie Expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes..... **15**
I.1. Matériel biologique..... **15**
I.1.1. Les dattes de deuxième qualité (variété Khalas)..... **15**
I.1.2. Les tubercules de patate douce non standard (variété Beauregard)..... **15**
I.2. Procédure de la préparation de la compote bio fortifiée **16**
I.3. Méthodes d'analyses..... **16**
I.3.1. Analyse physico-chimique..... **16**
I.3.1.1. Détermination du pH..... **16**
I.3.1.2. Détermination de la teneur en eau..... **17**
I.3.1.3. Détermination de la matière sèche **17**
I.3.1.4. Détermination des cendres..... **17**
I.3.1.5. Détermination du taux des solides solubles..... **18**
I.3.1.6. Dosage des sucres totaux (Méthode de Dubois)..... **18**
I.3.2. Analyse microbiologique..... **18**

I.3.2.1. Préparation de la solution mère..... **18**
I.3.2.2. Germes Aérobies Mésophiles Totaux..... **19**
I.3.2.3. Coliformes totaux..... **19**
I.3.2.4. Coliformes fécaux et / ou thermo tolérants..... **19**
I.3.2.5. Dénombrement de la flore fongique..... **19**
I.3.2.6. Recherche des Staphylocoques..... **19**
I.3.3. Analyse Sensorielle..... **20**
I.3.3.1. Test hédonique..... 20

Chapitre II : Résultats et discussion

II. Résultats et discussions..... **21**
II.1. Propriétés physico-chimiques..... **21**
II.2. Propriétés microbiologiques..... **23**
II.3. Propriétés Sensorielle..... **24**
Conclusion générale..... 26
Références bibliographiques
Annexes
Résumés

Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions **ALLAH**, de nous avoir honorées en faisant de nous parmi ceux qui savent lire et écrire, et de nous avoir accordé la force, le courage et la patience tout au long de nos études jusqu'à ce jour tant attendu.*

*Nous adressons nos remerciements les plus sincères au **Mme. Boutana Wissem**, pour avoir assuré l'encadrement de ce mémoire de fin d'études avec patience, disponibilité et bienveillance. Nous lui sommes reconnaissantes pour sa confiance, ses conseils précieux et ses orientations éclairées qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.*

*Nous exprimons notre profonde reconnaissance à **Pr. BOUBELLOUTA Tahar** qui nous a fait l'honneur de présider le jury et d'accepter l'évaluation de ce mémoire, ainsi qu'à **Mme. KERBOUAI Imene**, pour avoir accepté d'examiner notre travail avec attention et intérêt.*

Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à l'aboutissement de ce travail par leurs encouragements, leurs aides, leurs conseils ou leurs critiques constructives.

.

Merci

Dédicace

Je dédie humblement le fruit de mes efforts à ceux qui occupent les premières places dans mon cœur, ceux à qui je dois tant, et dont l'amour et le soutien ont été les piliers de mon parcours.

À mon père bien-aimé, source inépuisable de sagesse, de force et de fierté. Merci pour ta présence rassurante, ton soutien constant et tes conseils précieux.

À ma chère mère, celle que Dieu a honorée en plaçant le Paradis sous ses pieds, lumière de mon chemin, première enseignante et pilier de mon existence. Que mes mots soient à la hauteur de ton amour infini, de tes sacrifices et de ta tendresse inestimable.

*À mes sœurs adorées, **Moumina** et **Fatima Zahra**, et à mes frères chers à mon cœur, **Moumen**, **Abderrahim** et **Iyed**, mes piliers solides et mes plus fidèles soutiens dans chaque étape de ma vie.*

*À mon amie si chère, confidente , la seule et l'unique, **Kaouthar**, dont l'amitié sincère m'a toujours été un refuge et une force dans les moments difficiles. Notre complicité a été le pinceau le plus précieux dans la réalisation de ce rêve partagé. **Jardin Des Arts** n'est pas seulement un projet, c'est le reflet de notre amour des belles choses, de notre union créative et de tout ce que nos coeurs savent batir ensemble .*

*À ma famille paternelle **Belouahri**, et à ma famille maternelle **Belouaer**, pour leur amour, leurs prières et leur présence bienveillante.*

*À mes fidèles abonnés de la page **Wissa Art**, et à mes chers clients, pour leur confiance et leur encouragement continus.*

À tous ceux qui ont croisé mon chemin académique, de près ou de loin, et qui ont contribué à la réalisation de ce travail, je vous adresse toute ma gratitude.

Que ce modeste mémoire soit un hommage à votre amour, votre patience, vos sacrifices et vos prières.
Puisse Dieu le Très-Haut vous accorder santé, bonheur et longue vie.

Wissal

Dédicace

*Tout d'abord, je rends grâce à **DIEU**, qui m'a donné la force, la volonté et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.*

*Je dédie ce travail, avec tout mon amour et ma profonde reconnaissance, à **mes chers parents**, mes trésors, pour leur soutien inconditionnel dans les moments difficiles, leurs prières sincères, leurs encouragements constants et leur amour infini. Merci pour vos sacrifices, votre patience et votre foi en moi. Aucun mot ne saurait exprimer toute ma gratitude.*

*À **mes frères et sœurs**, à **leurs époux**, **épouses** et à leurs enfants — **mes chers neveux et nièces** —, merci du fond du cœur. Vous avez été pour moi une source de motivation. Votre présence m'a donné la force d'aller de l'avant.*

*À mon encadrant, **Mme. Boutana Wissem**, je vous adresse mes sincères remerciements pour votre accompagnement.*

*Je tiens à remercier **Dr. Oussama Kessal**, ainsi que toutes les personnes de près ou de loin, qui m'ont soutenue, m'ont tendu la main et ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à franchir cette étape précieuse de mon parcours.*

*À **mes élèves**, merci pour votre patience. si j'ai parfois manqué à mes devoirs envers vous, c'était pour mener à bien ce projet.*

*Enfin, je remercie profondément **la personne que je suis** pour sa détermination et sa capacité à surmonter les difficultés sans jamais abandonner. J'ai affronté chaque épreuve avec force, et aujourd'hui, je termine ce parcours avec fierté et réussite.*

الحمد لله دائما و أبدا

Chaima

Liste des abréviations

AFW: agri food waste

BPH: Bonnes Pratiques d'Hygiène

°Brix: Degré Brix (concentration en matières solubles)

C%: Teneur en Cendres (exprimée en pourcentage)

CE: Communauté Européenne

CIQUAL : Centre d'Information sur la Qualité des Aliments

FAO: Food and Agriculture Organization

GAMT ou FTAM: Germes Aérobies Mésophiles Totaux (ou Flore Totale Aérobie Mésophile)

GES: Gaz à Effet de Serre

HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point (Analyse des risques et maîtrise des points critiques)

IP_6: Inositol Hexaphosphate – acide phytique –

ISO: International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne

LDL: Low-Density Lipoprotein

MAE: Microwave-Assisted Extraction

MS : Matière Sèche

NF: Norme Française

OGA: Oxytétracycline Glucose Agar

PCA: Plate Count Agar

PEF: Pulsed Electric Fields

ROS: Reactive Oxygen Species

TE%: Teneur en Eau (exprimée en pourcentage)

TSS: Total Soluble Solids (Taux de solides solubles)

UAE : Ultrasound-Assisted Extraction

UFC: Unité Formant Colonie

VRBL: Violet Red Bile Agar (milieu de culture pour coliformes)

Liste des figures

Figure 01 : Modalités d'obtention des coproduits agro-industriels ……... **03**

Figure 02 : Certaines des principales techniques innovantes qui se sont révélées utiles pour la valorisation des déchets alimentaires **……... 08**

Figure 03 : procédure d'extraction verte, extraction assistée par enzymes ……... **09**

Figure 04 : Différents types de composés présents dans les déchets agroalimentaires **10**

Figure 05 : Photographie du matériel biologique utilisé ……... **15**

Figure 06 : Diagramme de fabrication de la compote bio fortifiée…… **16**

Figure 07 : Analyse sensorielle de la compote à l'aide d'un graphique en barres basée sur des critères de qualité…… **24**

Figure 08 : Profils sensoriels de l'échantillon de compote analysé ……. **25**

Liste des tableaux

Tableau I: Sources naturelles de sous-produits de fruits et végétaux et composés bioactifs considérés comme des additifs …….... **14**

Tableau II: Evaluation hédonique par l'échelle de cotation de 6 points…….. **20**

Tableau III: Résultats des analyses physico-chimiques de la compote …… **21**

Tableau IV: Résultats des analyses microbiologiques du produit …… **23**

Introduction générale

Introduction Générale

Garantir un approvisionnement alimentaire durable pour une population mondiale en croissance rapide constitue un défi majeur dans l'économie actuelle. Alors que les modes de vie modernes évoluent et que les consommateurs accordent une importance croissante à une alimentation équilibrée et nutritive, le secteur agricole subit une pression accrue. Cette demande de produits plus sains, notamment en fruits et légumes, a entraîné une augmentation de la production, générant ainsi d'importants volumes d'excédents, de déchets et de pertes agroalimentaires tout au long de la chaîne de production végétale. **(Rodrigues *et al.*, 2022).** Selon la FAO, environ un tiers de la nourriture produite dans le monde est perdue ou gaspillée chaque année.

En Algérie, de grandes quantités de déchets sont générées lors de la transformation des dattes. Il a été estimé que plus de 30 % des dattes récoltées sont perdues au cours des phases post-récolte, notamment lors du tri, où une partie des fruits est écartée en raison d'une texture inadéquate, de moisissures ou d'infestations par des insectes **(Oladzad *et al.*, 2021).** De même, une partie des tubercules de patate douce est régulièrement écartée après la récolte en raison d'un mauvais développement, d'un aspect ou d'une taille jugée non conforme. Pourtant, ces tubercules restent parfaitement propres à la consommation humaine, sans dommages internes **(Almaghlouth *et al.*, 2023).**

En raison de leurs caractéristiques visuelles indésirables, ces sous-produits sont fréquemment éliminés, entraînant la perte de ressources précieuses. Pourtant, ils sont riches en composés bioactifs tels que les polyphénols, les fibres, les acides gras essentiels, les minéraux, divers composés volatils et les pigments **(Ivanović *et al.*, 2023).** Ces substances présentent un intérêt potentiel pour de nombreuses applications industrielles, contribuant à la promotion de la santé et à des apports nutritionnels bénéfiques **(Ratu *et al.*, 2023).**

Dans cette optique, notre travail s'inscrit dans une démarche de valorisation de ces ressources, à travers le développement d'un produit alimentaire à base de dattes et de patates douces de qualité inférieure, initialement destinées à être jetées. Ces matières premières, disponibles localement, ont été transformées par des procédés simples (cuisson, broyage, mélange) afin d'obtenir un ingrédient bio-fortifié, potentiellement utile dans l'alimentation quotidienne. L'objectif est de démontrer que ces ressources sous-exploitées peuvent, après transformation, donner naissance à des produits innovants, à valeur ajoutée, naturels, sains, à faible coût, riches en composés bioactifs, et répondant aux besoins nutritionnels actuels. Une telle valorisation peut également être bénéfique pour l'environnement, tout en inspirant les industriels à adopter une vision globale de l'utilisation et de la production de ces ingrédients.

Pour analyser ce travail, une première partie sous forme de synthèse bibliographique présente les notions clés relatives aux sous-produits agroalimentaires, leur intérêt nutritionnel, économique et environnemental, ainsi que les innovations technologiques permettant leur valorisation. La seconde partie est consacrée à l'étude expérimentale, qui décrit :

- Les étapes de développement de notre produit ;
- L'étude des paramètres physico-chimiques ;
- L'analyse microbiologique ;
- L'analyse sensorielle.

Chaque section est précisément décrite en exposant les méthodes utilisées, les résultats obtenus et leur interprétation, en se basant sur des données issues de publications scientifiques.

Partie Bibliographique

Chapitre I : Sous-produits agroalimentaires

CHAPITRE I : Sous-produits agroalimentaires

I.1.Définition:

En agroalimentaire, les sous-produits sont des substances résultant d'un processus de production (**Directive 2008/98/CE**). Ils sont générés lors des différentes étapes de la production, de la transformation et de la commercialisation des produits agricoles et alimentaires (FAO, 2013).

Ces sous-produits incluent, par exemple, les résidus de cultures, les issues de céréales, les pulpes de fruits, le marc du café, le lactosérum, la mélasse, les coques et les épluchures (**Grigoras, 2012**). Bien que souvent considérés comme des déchets, ces sous-produits présentent un potentiel significatif pour être valorisés en tant que nouvelles sources d'ingrédients fonctionnels, additifs alimentaires, nutraceutiques, bioplastiques, bioénergies et autres applications innovantes (Figure 01) (**Isara, 2018**). Cette valorisation contribue à l'économie circulaire et à la réduction du gaspillage alimentaire (**FAO, 2013**).

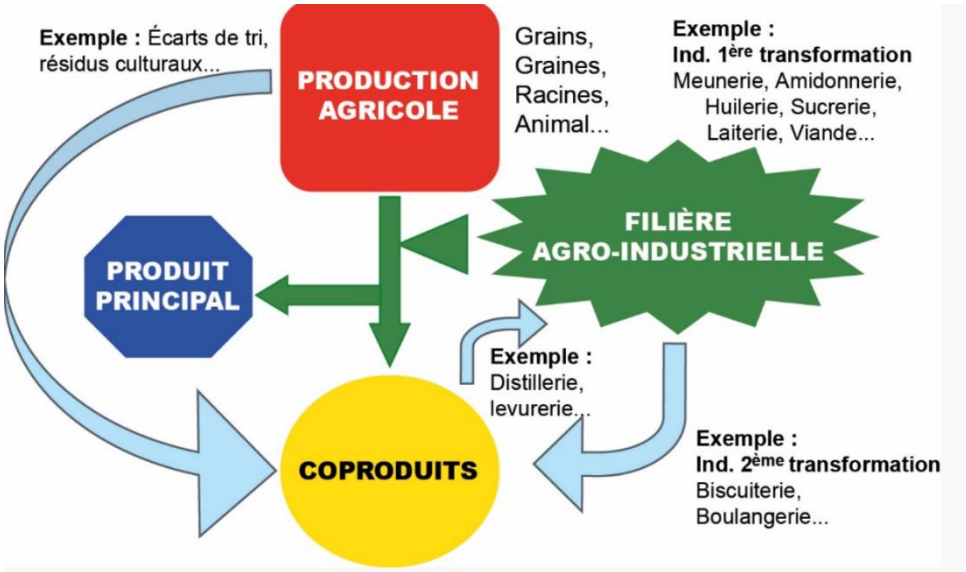


Figure 01 : Modalités d'obtention des coproduits agro-industriels **(Chapoutot *et al.*, 2019).**

I.2.Importance sur le plan nutritionnel et sanitaire

Les sous-produits agroalimentaires représentent une ressource précieuse dans un contexte où la réduction du gaspillage alimentaire, la durabilité environnementale et l'innovation dans l'industrie agroalimentaire sont devenues des priorités **(Pujol *et al.*, 2013).** Ces résidus, longtemps considérés comme des déchets, sont aujourd'hui reconnus pour leur valeur nutritionnelle et sanitaire

I.2.1. Sur le plan nutritionnel

Fibres alimentaires : Les issues de blé, telles que le son, sont particulièrement riches en fibres. Ils jouent un rôle crucial dans le transit intestinal et la prévention de certaines maladies digestives (**Makinen *et al.*, 2013)**. En effet, le son de blé contient environ 39 % de fibres, contribuant ainsi à l'amélioration de la santé digestive (**O'Shea *et al.*, 2012)**. Les coques de riz et de café, riches en

fibres et en minéraux, peuvent être valorisées pour produire des ingrédients fonctionnels destinés à l'enrichissement de divers produits alimentaires **(Pujol *et al.,* 2013).**

Protéines : Certains sous-produits, comme les tourteaux de soja, présentent une teneur élevée en protéines. Ces tourteaux, résidus de l'extraction de l'huile de soja, peuvent être intégrés dans l'alimentation animale pour compléter les apports protéiques nécessaires à la croissance et au développement des animaux **(FAO 2012).**

Minéraux et vitamines : Les sous-produits issus de la transformation des fruits et légumes sont souvent riches en minéraux (tels que le potassium, le calcium) et en vitamines (comme la vitamine C) **(Pujol *et al.,* 2013).** Les pulpes de fruits peuvent être transformées en ingrédients fonctionnels, enrichissant ainsi les produits alimentaires en micronutriments essentiels **(Makinen *et al.,* 2013).**

Par ailleurs l'intégration de sous-produits agroalimentaires dans les rations animales permet de diversifier les sources nutritionnelles et de réduire les coûts alimentaires. Tel que, l'utilisation de pulpe de tomate et de grignons d'olive dans l'alimentation des vaches en Algérie qui a conduit à une augmentation significative de la production laitière, tout en réduisant les dépenses liées à l'alimentation **(Yusuf *et al.,* 2007).**

I.2.2. Sur le plan sanitaire

La valorisation des sous-produits réduit le volume des déchets agroalimentaires, minimisant ainsi les risques sanitaires liés à la décomposition et à la contamination environnementale **(Mirabella *et al.,* 2014).** Par exemple, les patates douces de qualité inférieure, rejetées pour des défauts esthétiques, peuvent être transformées en farine riche en fibres, contribuant ainsi à la réduction du gaspillage alimentaire et des risques environnementaux.

Les sous-produits peuvent être transformés en ingrédients fonctionnels, renforçant la sécurité alimentaire en enrichissant les aliments en nutriments essentiels et en augmentant leur durée de conservation **(Schieber *et al.,* 2001).** À titre d'exemple, les dattes de deuxième qualité peuvent être transformées en sirop naturel ou en concentré sucré, enrichissant ainsi les produits alimentaires en nutriments essentiels et prolongeant leur durée de conservation.

L'incorporation de fibres alimentaires, d'antioxydants et de composés bioactifs provenant de sous-produits contribue à la prévention de maladies chroniques telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires et certains cancers (**O'Shea *et al.,* 2012)**.

Certains sous-produits contiennent des composés antimicrobiens naturels qui inhibent la croissance des pathogènes alimentaires (comme E. coli et Salmonella), contribuant à la réduction des contaminants alimentaires et par conséquent à la sécurité sanitaire des aliments (**Kumar *et al.,* 2015)**.

I.3. Exemples de sous-produits agroalimentaires et leurs applications

I.3.1. Sous-produits de fruits et légumes

Les pelures et pépins de fruits, souvent considérés comme des déchets, sont riches en composés phénoliques aux propriétés antioxydantes. Ces composés sont utilisés dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique pour leurs effets bénéfiques sur la santé et la peau. Par exemple, les extraits de pépins de raisin sont couramment incorporés dans des compléments alimentaires et des produits de soin **(Grigoras, 2012)**.

Les résidus de légumes, tels que les fanes de carottes ou les feuilles de betteraves, sont utilisés comme compléments alimentaires pour le bétail. Riches en fibres et en nutriments, ils contribuent à améliorer la santé des animaux tout en réduisant les coûts d'alimentation **(Bougrier et Hélias, 2018).**

Les coques et noyaux de fruits, tels que les noyaux d'olive ou de pêche, peuvent être transformés en matériaux biodégradables pour la fabrication de bioplastiques. Ces derniers impliqués dans l'emballage alimentaire, réduisant ainsi l'utilisation de plastiques conventionnels **(Chaléard et Lebert, 2019).**

Les jus et pulpes résiduels issus de la transformation des fruits, comme les agrumes, sont utilisés pour la production d'acide citrique par fermentation. L'acide citrique est un additif largement employé dans l'industrie alimentaire pour ses propriétés conservatrices et aromatisants **(Kouassi, 2022).**

I.3.2. Sous-produits de l’industrie céréalière

Les issues de mouture du blé, telles que le son, les germes et les résidus d'endosperme, sont des sous-produits obtenus lors de la transformation du blé en farine. Ces co-produits trouvent des applications tant en alimentation animale qu'humaine **(Fardet, 2010).** Une partie du son de blé est incorporée dans des produits alimentaires pour augmenter leur teneur en fibres, contribuant ainsi à une meilleure santé digestive. Par exemple, le son est ajouté à la farine blanche pour produire du pain au son, reconnu pour améliorer le transit intestinal. De plus, le son de blé est utilisé dans la confection de certaines céréales de petit-déjeuner et de soupes traditionnelles dans certaines cultures **(Fardet, 2010).**

Les sons et brisures de riz sont des sous-produits obtenus lors du décorticage et du polissage du riz, incluant les fragments de grains et les couches externes. Ces co-produits trouvent des applications variées, notamment en alimentation animale et en production d'huile de son de riz **(Diop et Hane, 2014).** Le son de riz est une source précieuse d'huile riche en antioxydants, tels que la vitamine E, l'acide férulique et le gamma-oryzanol. Cette huile est utilisée en alimentation pour ses propriétés bénéfiques pour la santé, notamment en raison de sa composition en acides

gras insaturés **(Diop et Hane, 2014).** En cosmétique, l'huile de son de riz est prisée pour ses effets hydratants, protecteurs et anti-âges, favorisant la régénération cellulaire et aidant à prévenir les signes du vieillissement cutané **(Diop et Hane, 2014).**

Les rafles de maïs, constituant la partie centrale de l'épi après l'égrenage, sont des sous-produits agricoles aux applications variées, notamment dans la production de biocarburants et comme litière animale **(Aile, 2022).** Les rafles de maïs peuvent être transformées en bioéthanol, un carburant renouvelable. Cette valorisation énergétique s'inscrit dans le cadre des biocarburants de deuxième génération, utilisant des résidus agricoles pour produire de l'énergie tout en contribuant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre **(Aile, 2022).** Grâce à leur capacité d'absorption, les rafles de maïs sont utilisées comme matériau de litière pour les animaux. Elles offrent un environnement propre et sec, améliorant le bien-être animal et facilitant la gestion des élevages **(Aile,2022).**

I.3.3. Sous-produits de l'industrie laitière

L'industrie laitière génère divers sous-produits lors de la transformation du lait en produits finis. Voici quelques exemples notables et leurs applications détaillées :

Le lactosérum (riche en protéines de haute qualité nutritionnelle) et après les procédés de filtration et de purification, il est transformé en concentrés ou isolats de protéines de lactosérum, largement utilisés dans les compléments alimentaires, les produits diététiques et les préparations pour nourrissons (**Maubois et Ollivier,1992).** Le lactosérum peut être incorporé dans les aliments pour animaux en tant que source de protéines et de lactose, améliorant ainsi la valeur nutritionnelle des rations (**Maubois et Ollivier,1992).** Les composants du lactosérum, tels que le lactose et les minéraux, peuvent être isolés et utilisés dans diverses applications alimentaires et pharmaceutiques **(Maubois et Ollivier,1992).**

Le babeurre (Liquide obtenu après le barattage de la crème) est utilisé dans la fabrication de produits de boulangerie pour améliorer la texture et la saveur **(Hickey *et al.,* 2018).** Il peut servir d'émulsifiant naturel dans diverses préparations alimentaires en raison de sa teneur en phospholipides **(Hickey *et al.,* 2018).**

Les protéines extraites du lait lors de la fabrication de la caséine sont utilisées comme additifs pour améliorer la texture, la stabilité et la valeur nutritionnelle des produits alimentaires tels que les fromages fondus, les sauces et les desserts **(Schuck *et al.,* 2007).** Les caséinates sont employés dans la fabrication de colles, de revêtements et de produits cosmétiques en raison de leurs propriétés liantes et filmogènes **(Schuck *et al.,* 2007).**

Le lactose (sucre du lait) est couramment utilisé comme excipient dans la formulation de comprimés en raison de sa stabilité et de sa compatibilité avec de nombreux principes actifs

(Gänzle, 2012). Il sert d'agent de charge et d'édulcorant léger dans divers produits, y compris les confiseries et les produits de boulangerie **(Gänzle, 2012).**

Partie Bibliographique

Chapitre II : Technologie de valorisation et propriétés des nouveaux ingrédients

Chapitre II : Technologies de valorisation

Comme les déchets alimentaires contiennent des quantités significatives de composants précieux, plusieurs plans d'action ont été développés par différents pays dans le monde, visant à évaluer et à valoriser les déchets agricoles et alimentaires par des moyens physico-chimiques (extraction, hydrolyse, déshydratation, isomération, etc.,), biologiques (hydrolyse enzymatique, fermentation, dégradation anaérobie, etc.) ou thermochimiques (combustion directe, pyrolyse, etc.).

Ces dernières années, des technologies « innovantes » ayant des applications importantes dans la transformation des aliments ont été utilisées pour améliorer l'extraction des composants précieux, augmenter les rendements et améliorer la qualité et la fonctionnalité des extraits (Figure 02). Il s'agit notamment des électro technologies (champs électriques pulsés, décharges électriques à haute tension et champs électriques non pulsés, par exemple chauffage ohmique et champ électrique modéré), de l'ablation par laser, de l'extraction assistée par ultrasons, du séchage par radiofréquence, de la pression hydrostatique élevée et des fluides sous pression (extraction par fluides sous-critiques et supercritiques), et de la nanotechnologie, entre autres **(Betoret *et al* ,2024).**

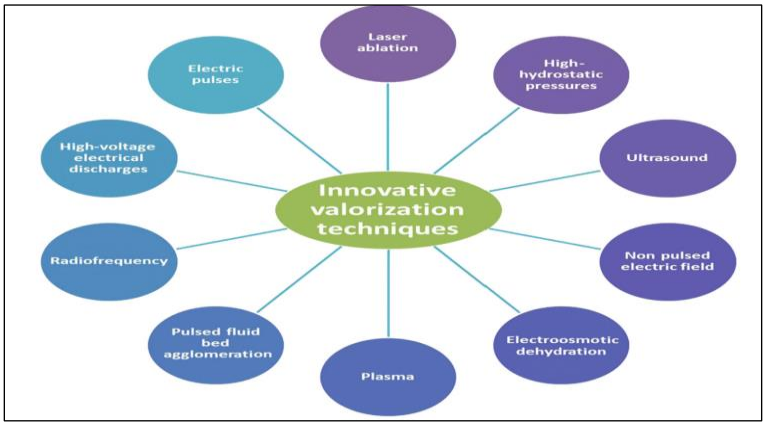


Figure 02 : Certaines des principales techniques innovantes qui se sont révélées utiles pour la valorisation des déchets alimentaires **(Zhu *et al.*, 2020).**

II.1 Technologie de l'extraction :

L'adéquation de la technologie d'extraction dépend de certains facteurs spécifiques tels que le niveau de pureté souhaité de l'extrait, les propriétés physiques et chimiques du composé, sa localisation dans le sous-produit (libre ou lié à la cellule), la rentabilité et la valeur du produit obtenu. Avant le processus d'extraction, plusieurs opérations ou prétraitements sont généralement effectués pour améliorer le rendement. Ces opérations comprennent par exemple le lavage, la coupe, la réduction de la taille et le séchage **(Yadav *et al.*, 2024).**

Les méthodes d'extractions conventionnelles sont généralement moins sélectives, intensives en solvants et inefficaces sur le plan énergétique. Les nouvelles technologies vertes d'économie d'énergie telles que l'extraction assistée par micro-ondes (MAE), l'extraction assistée par ultrasons (UAE) ont été développées. Ces procédés sont associés à des avantages tels que l'efficacité en termes de temps et d'énergie, une température d'extraction plus basse, une dégradation moindre, un rendement plus élevé **(Gahruie *et al.*, 2020).**

Parmi les méthodes alternatives qui permet de surmonter plusieurs inconvénients des méthodes conventionnelles à base de solvants. Les enzymes, qui représentent un groupe approprié de catalyseurs dérivés de bactéries, de champignons, d'organes animaux ou d'extraits de légumes ou de fruits. Diverses enzymes telles que les cellulases, les pectinases et les hémicellulases sont capables de perturber et de dégrader l'intégrité structurelle de la paroi cellulaire de la plante, ce qui permet de mieux libérer et d'extraire efficacement les bioactifs (Figure 03) **(Tlais *et al.*, 2020).**

En raison de l'utilisation de l'eau comme solvant au lieu de produits, l'extraction assistée par enzyme est reconnue comme une technologie plus respectueuse de l'environnement pour l'extraction de composés bioactifs **(Puri *et al.*, 2012).**

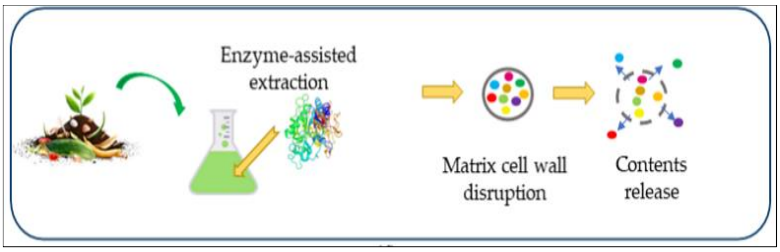


Figure 03 : Procédure d'extraction verte, extraction assistée par enzymes **(Berenguer *et al.*, 2022)**

II.2. Technologie d'encapsulation de composés bioactifs

L'encapsulation est une technologie spécifiquement adaptée à fournir les produits de composés à haute valeur ajoutée, capables de stabiliser et de contrôler la libération de ces composés extraits de fruits, de légumes ou de déchets (composés bioactifs antioxydants, vitamines, acidifiants, arômes, enzymes, cellules microbiennes et autres). Il s'agit d'une pratique courante dans la préservation ou l'amélioration de la bio activité des extraits naturels **(Nikmaram *et al.*, 2017).**

L'encapsulation peut être décrite comme une méthode de piégeage d'un matériau central (c'est-à-dire un ingrédient actif) dans une autre substance solide ou liquide non miscible, produisant ainsi des capsules dont le diamètre varie approximativement entre 10 nm et 10 mm **(Vincekovic *et al.*, 2017).** Certains des extraits obtenus lors du processus de récupération peuvent contenir des composés sensibles à la chaleur et/ou la lumière qui doivent être protégés et/ou diffusés de manière contrôlée dans l'aliment ou dans le corps du consommateur **(Gavahian *et al.*, 2018).**

II.3. Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des nouveaux ingrédients

Un composé bioactif est un phytoconstituant ou une substance biologique naturelle qui peut activer une réponse physiologique dans un organisme vivant et avoir de nombreux effets bénéfiques sur la santé humaine. Les sous-produits agroalimentaires contiennent différents types de composés tels que phénoliques, peptides, polyphénols, tanins, alcaloïdes, caroténoïdes, terpènes, flavonoïdes, flavanols, anthocyanes, huiles essentielles, etc., ainsi que des hydrates de carbone, des enzymes, des acides gras, des fibres alimentaires, des lipides, etc., biopolymères, composés azotés, minéraux, vitamines, acides aminés, etc., (Figure 04) **(Yadav *et al.*, 2024).**

Les composés bioactifs présents dans les sous-produits agro-industriels jouent également un rôle crucial dans le développement d'aliments fonctionnels enrichis en antioxydants. Ces aliments offrent non seulement des avantages nutritionnels supplémentaires, ils peuvent également contribuer à la prévention des maladies liées au stress oxydatif, offrant ainsi aux consommateurs des options plus saines et plus naturelles. En outre, l'intégration d'antioxydants naturels dans la formulation des produits alimentaires permet de réduire le besoin d'additifs synthétiques. Leur action antimicrobienne se distingue par leur capacité à inhiber la croissance des micro-organismes pathogènes **(Enciso-Martínez *et al.*, 2024).** Répondant ainsi à la demande croissante et aux besoins des consommateurs en produits alimentaires plus naturels sains et durables **(Ueda *et al.*, 2022).**

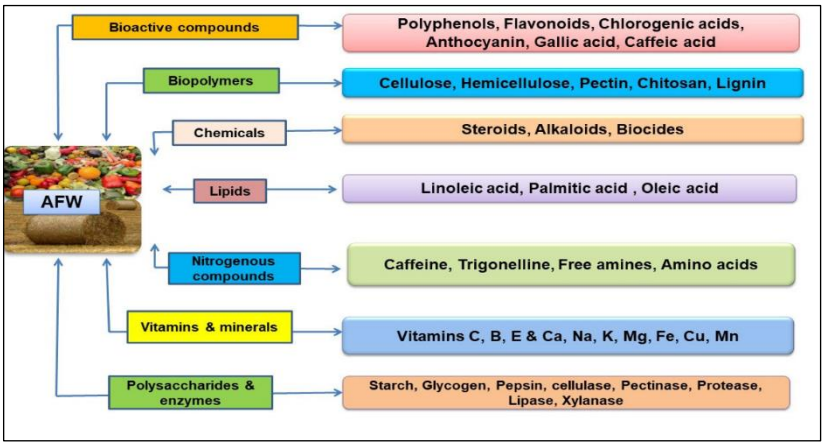


Figure 04 : Différents types de composés présents dans les déchets agroalimentaires (AFW) **(Yadav *et al.*, 2024)**

II.3.1. Fibres alimentaires

Les fibres alimentaires sont le plus souvent définies comme des parties de plantes non comestibles ou des hydrates de carbone analogues qui ne sont pas digérés, ou absorbés dans l'intestin grêle humain et qui sont fermentés, entièrement ou partiellement, dans le gros intestin **(Ivanović *et al.*, 2023).** On distingue deux formes de fibres alimentaires en fonction de leur capacité à se dissoudre dans l'eau : les fibres solubles (celles qui, en présence d'eau, forment des solutions colloïdales dans l'intestin, ralentissent la digestion et l'absorption des nutriments, qui procure une sensation de satiété prolongée et une diminution de l'appétit, comme une réduction

de l'indice glycémique des aliments) et les fibres insolubles (celles qui passent principalement intactes dans le système digestif, accélérant le transit intestinal et jouant un rôle important dans le processus de détoxification de l'organisme). Les fibres solubles comprennent les gommes, les pectines, les bêta-glucanes et les oligosaccharides. Les fibres alimentaires insolubles comprennent la lignine, la cellulose, l'hémicellulose, la chitine, l'amidon résistant et la dextrine résistante qui ont un effet laxatif, sont recommandées par les spécialistes aux personnes souffrant de constipation **(Ionită-Mîndrican *et al.*, 2022)**.

Les sources les plus riches en fibres alimentaires solubles sont les pommes, les poires, les agrumes, les carottes, les brocolis, les pois, les concombres, le céleri et le son d'avoine **(Xue *et al*., 2021)**. Les noix, les haricots, le blé entier, l'orge et les racines sont les meilleures sources de fibres alimentaires insolubles **(Yang *et al.*, 2012)**.

Pour réduire la teneur en calories de la confiture sans en altérer les qualités sensorielles, des fibres solubles sont également utilisées dans la production de confitures **(Belović *et al.*, 2017)**. Des quantités plus élevées de β-glucanes ont été trouvées dans l'orge (3-11%) et l'avoine (3-7%) par rapport au seigle (1-2%) et au blé (<1%). Il a été observé que la viscosité élevée des β-glucanes empêche l'absorption des lipides ou la réabsorption des acides biliaires et de leurs métabolites, ce qui entraîne une réduction des taux de cholestérol dans le sérum **(Tlais *et al.*, 2020).**

II.3.2. Protéines

Les parties non comestibles et les déchets de plusieurs fruits et légumes ont été identifiés comme de bonnes sources de protéines notamment : le marc de pomme (4,45 g), la peau de mangue (9,5 g), la peau de banane (6,02 g), la peau d'orange (5,97 g), la pomme de terre (3 à 5 g), marc de carottes (10,06 g), déchets solides de tomates (17 à 22 g), feuilles de choux (20,4 g), feuilles d'épinards (20,4 g), feuilles de chou (20,4 g) et les cosses, coquilles et écorces de pois (20,2 g) par 100 g. **(Ratu *et al.*, 2023).**

Les peptides hydrolysés présents dans les sous-produits contribuent également à l'activité antimicrobienne en s'insérant dans les membranes bactériennes, formant des pores qui permettent aux ions essentiels et aux nutriments de s'échapper, ce qui entraîne la mort des cellules. Certains peptides peuvent également pénétrer à l'intérieur des cellules microbiennes et altérer des processus métaboliques critiques **(Enciso-Martínez *et al.*, 2024).**

Les peptides antioxydants présents dans les aliments sont des composés sûrs et sains, étant donné leur structure plus simple que celle des antioxydants enzymatiques, avec un faible poids moléculaire, leur faible coût, leur forte activité, leur absorption facile et leur stabilité.

Le mécanisme de l'activité antioxydante des peptides n'a pas encore été entièrement élucidé. Néanmoins, des études suggèrent qu'ils peuvent agir en tant qu'inhibiteurs de la peroxydation des lipides, piégeurs de radicaux libres et chélateurs d'ions de métaux de transition, leurs propriétés

antioxydantes sont davantage liées à leur composition, à leur structure et séquence peptidique et leur hydrophobicité. La tyrosine, le tryptophane, la méthionine, la lysine, la cystéine et l'histamine sont connus pour posséder une activité antioxydante **(Berenguer *et al.*, 2023).**

Les sous-produits agroalimentaires riches en protéines peuvent être des sources de peptides bioactifs. Il s'agit notamment des graines de citrouille, des tourteaux de colza et de soja, des sons de sésame et de riz, de la pulpe de noix de coco, des marcs de tomate et de pomme, et des pelures de pomme de terre et d'orange **(Görgü *et al.*, 2020).**

II.3.3. Caroténoïdes

Le mécanisme d'action des caroténoïdes comprend une activité antioxydante, un potentiel anti-inflammatoire, l'amélioration de la réponse immunitaire et la prévention des maladies chroniques. Les caroténoïdes peuvent diminuer les dommages oxydatifs et bloquer les actions cancérigènes, contribuant ainsi à réduire le risque de maladies cardiovasculaires et de certains cancers **(Rivera-Madrid *et al.*, 2020).** L'homme ne synthétise pas les caroténoïdes ; ils doivent être ingérés dans l'alimentation ou par le biais d'une supplémentation. Ils sont utilisés depuis des siècles comme colorants naturels dans de nombreux types d'aliments, de boissons, de compléments alimentaires et de produits pharmaceutiques **(Eggersdorfer et Wyss, 2018).**

Les principaux avantages des caroténoïdes s'expliquent par leur potentiel antioxydant, cependant, le β-carotène présente des avantages supplémentaires en raison de sa capacité à être converti en vitamine A, tandis que la lutéine et la zéaxanthine absorbent des longueurs d'onde spécifiques de la lumière, ce qui pourrait contribuer à protéger les yeux. Les caroténoïdes peuvent protéger contre certains types de cancer en limitant la croissance anormale des cellules et/ou en améliorant la communication gap-jonctionnelle. En outre, les caroténoïdes peuvent contribuer à prévenir les maladies cardiaques en bloquant la formation et l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL) **(Eggersdorfer et Wyss,2018).**

Les déchets d'origine végétale peuvent constituer une source précieuse de caroténoïdes, car ils contiennent des concentrations de ces composés antioxydants similaires, voire supérieures, à celles des fruits et légumes **(Trombino *et al.*, 2021).** Le β-carotène, un pigment orange, a été trouvé dans la peau et les graines de tomate, ainsi que dans les sous-produits de la patate douce, de la carotte et d'autres légumes. Le lycopène, un pigment rouge, a également été découvert en quantités significatives dans les sous-produits de la tomate. Les caroténoïdes et les chlorophylles , ainsi que d'autres phénols, jouent un rôle important dans la couleur et l'acceptation d'un produit alimentaire, en plus de leurs qualités bénéfiques pour la santé. Ce qui suggère que les sous-produits de légumineuses pourraient être développés en tant que colorants alimentaires (Tableau I**) (Ratu *et al.*, 2023).**

II.3.4. Composés phénoliques

Les phénols sont les composés les plus omniprésents du règne végétal (légumes, fruits, céréales, etc.), et des produits qui en sont dérivés (jus de fruits, thé, café, etc.). L'importance des phénols repose sur leur implication dans les qualités organoeptiques (pigments, saveur, astringence, amertume), la sécurité alimentaire (activité antimicrobienne), la santé (caractère antioxydant), et la nutrition (phytonutriments) **(Delgado *et al*., 2019).**

Il existe de nombreuses classifications des polyphénols, divisés généralement en deux groupes les flavonoïdes et les acides phénoliques **(Abbas *et al*., 2017)**. Ce sont des antioxydants naturels qui se dissolvent facilement dans l'eau, l'éthanol, le méthanol, l'acétone, et d'autres solvants. Ils présentent des activités antioxydants et de piégeage des radicaux, qui peuvent retarder ou inhiber l'oxydation de l'ADN, des protéines et des lipides **(Milani *et al*., 2017).** Les acides phénoliques et les flavonoïdes peuvent déstabiliser les membranes des cellules bactériennes, modifiant leur perméabilité et leur fonctionnalité, tout en inhibant la croissance bactérienne ou en favorisant la lyse cellulaire **(Enciso-Martínez *et al*., 2024).**

Anthocyanes : sont des pigments végétaux naturels largement présents dans les aliments et les boissons. Ces composés sont à l'origine des couleurs rouge-orange à bleu-violet de nombreux fruits et légumes, fleurs et feuilles, et on les trouve en grande quantité dans les feuilles pigmentées, suivies par les fruits et les fleurs.

Les effets bénéfiques des anthocyanes sur la santé humaine ont été démontrés lors d'essais cliniques chez l'homme. La consommation quotidienne d'anthocyanes a amélioré la glycémie, la sensibilité à l'insuline, les profils de lipides et de lipoprotéines, la fonction de la mémoire, la santé cardiovasculaire, le statut antioxydant, la composition du microbiote intestinal, etc, **(Arruda *et al*., 2021).** L'un des principaux avantages pour la santé de la consommation d'anthocyanes est l'effet protecteur cardiovasculaire.

II.3.5. L'acide phytique

L'acide phytique est présent dans plusieurs sous-produits végétaux, notamment les céréales, les légumineuses, les légumes et les fruits à coque. Pendant longtemps, l'acide phytique a été considéré comme un anti-nutriment en raison de sa capacité d'interagir et de se lier aux minéraux essentiels, limitant ainsi leur absorption dans le tractus intestinal. Néanmoins, l'attention s'est récemment portée sur ses effets positifs sur la santé **(Tlais *et al*.,2020)**. Parmi ses effets, l'inhibition de l'agrégation plaquettaire, la réduction des lipides sériques, les effets protecteurs dans les maladies inflammatoires de l'intestin et les maladies neurodégénératives, etc., la prévention des maladies cardiovasculaires, la prévention de la formation de calculs rénaux et l'inhibition du développement du cancer. L'effet protecteur de l'inositol Hexaphosphate (IP6 ou acide phytique) a été lié à son potentiel antioxydant en inhibant la production d'espèces radicales d'oxygène (ROS). Outre son

action puissante dans la prévention et le traitement de diverses maladies, l'IP6 a été étudié dans la conservation et la préservation de la qualité des jus et des aliments, tels que la viande **(Silva et Bracarense, 2016).**

Tableau I: Sources naturelles de sous-produits de fruits et végétaux et composés bioactifs considérés comme des additifs **(Ueda *et al., 2022*)**

Additif	Composé	Sous-produit ou Résidu
Antioxydants	β-carotène	Épluchures de carotte
	Acide ascorbique	Marcs de pomme
	Tocophérol	Graines de pomme
Antimicrobiens	huiles essentielles	Épluchures de pamplemousse
	Flavonoïdes	Épluchures de bergamote
	Catéchines	Épluchures et graines d'avocat
	Limonène	Épluchures de *Citrus deliciosa*
Colorants	Lycopène	Épluchures de tomate
	Anthocyanines	Marcs de myrtille
	Chlorophylle	Sous-produits d'épinards
Édulcorant	Xylitol	Épluchures de banane, Coques d'amande
Émulsifiant/Stabilisant	Cellulose	Bractée et épluchures de banane
	Pectine	Pellicules de fruit de la passion
Anti-brunissement	Thiols	Bagasse d'oignon

L'application des sous-produits agroalimentaires est de plus en plus fréquente en raison des avantages évidents qui peuvent être tirés de leur utilisation. Toutefois, il reste à résoudre certaines problématiques, tant sur le plan technologique qu'en ce qui concerne l'acceptabilité par les consommateurs **(Difonzo *et al.*, 2023).**

L'un des défis les plus importants de la science et de la technologie alimentaires est la recherche de nouveaux composants alimentaires fonctionnels dérivés de sources naturelles. Principalement en termes de sécurité et de toxicité

Partie Expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I. **Matériel et méthodes**

L'industrie agroalimentaire joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la qualité et de la sécurité des produits alimentaires. La valorisation des sous-produits agricoles, notamment les dattes de seconde catégorie et les tubercules de patate douce non standards, représente une opportunité prometteuse pour réduire les pertes alimentaires et enrichir la valeur nutritionnelle des aliments transformés.

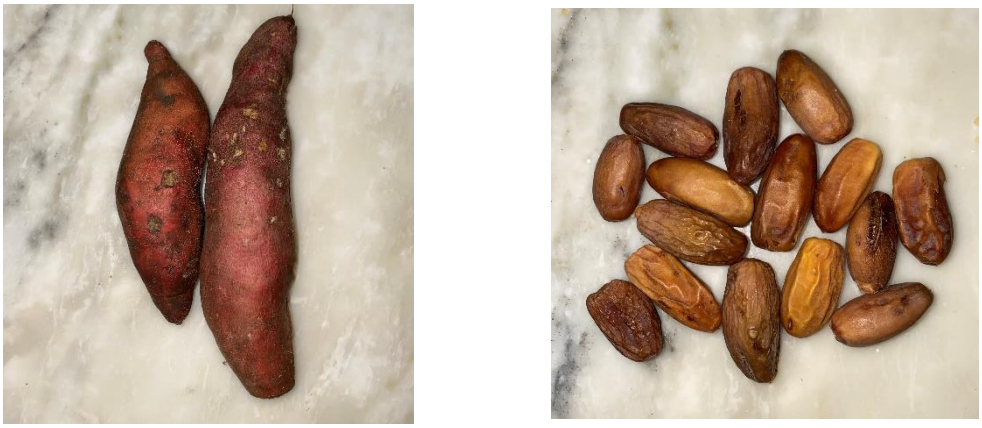
Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'élaboration d'un produit bio fortifiée à base de dattes et de patate douce (Compote).

La partie pratique de cette étude ont été réalisées dans les laboratoires de l'Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arreridj, au sein de la Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et des sciences de la Terre et de l'univers. Ces analyses incluront des tests physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels afin d'évaluer les propriétés intéressantes et la qualité globale du produit final.

I.1. Matériel biologique

I.1.1. Les dattes de deuxième qualité (Figure 05-B) **:** une des variétés algériennes de dattes dures appelés localement (Bouzegza), ce sont des fruits présentant des imperfections mineures telles que des variations de taille, de couleur ou de texture, les rendant moins attrayantes pour la vente directe **(FAO,1985).** Cependant, elles conservent leurs qualités nutritionnelles et gustatives, ce qui les rend adaptées à la transformation en produits dérivés (**ONUDI,1978).**

I.1.2. Les tubercules de patate douce non standard (variété Beauregard) (Figure 05-A) **:** sont ceux qui ne répondent pas aux critères de commercialisation en raison de leur taille excessive, de leur forme irrégulière ou de défauts esthétiques, les rendant moins attrayants pour la vente.



A **B**

Figure 05 : Photographie du matériel biologique utilisé :
A- Les tubercules de patate douce ; B- Les dattes

I.2. Procédure de la préparation de la compote biofortifiée

La figure suivante présente un diagramme de fabrication illustrant les différentes étapes de préparation de la compote à base de dattes et de patates douces. Le processus est divisé en sept étapes**,** allant du choix des matières premières jusqu'au stockage final du produit. Chaque étape est accompagnée d'une brève description et d'une illustration visuelle, permettant de comprendre facilement le déroulement de la transformation : sélection, lavage, cuisson, broyage, ajout d'ingrédients, conditionnement, et conservation. Ce diagramme met en avant une approche artisanale et structurée pour assurer un produit fini de qualité.

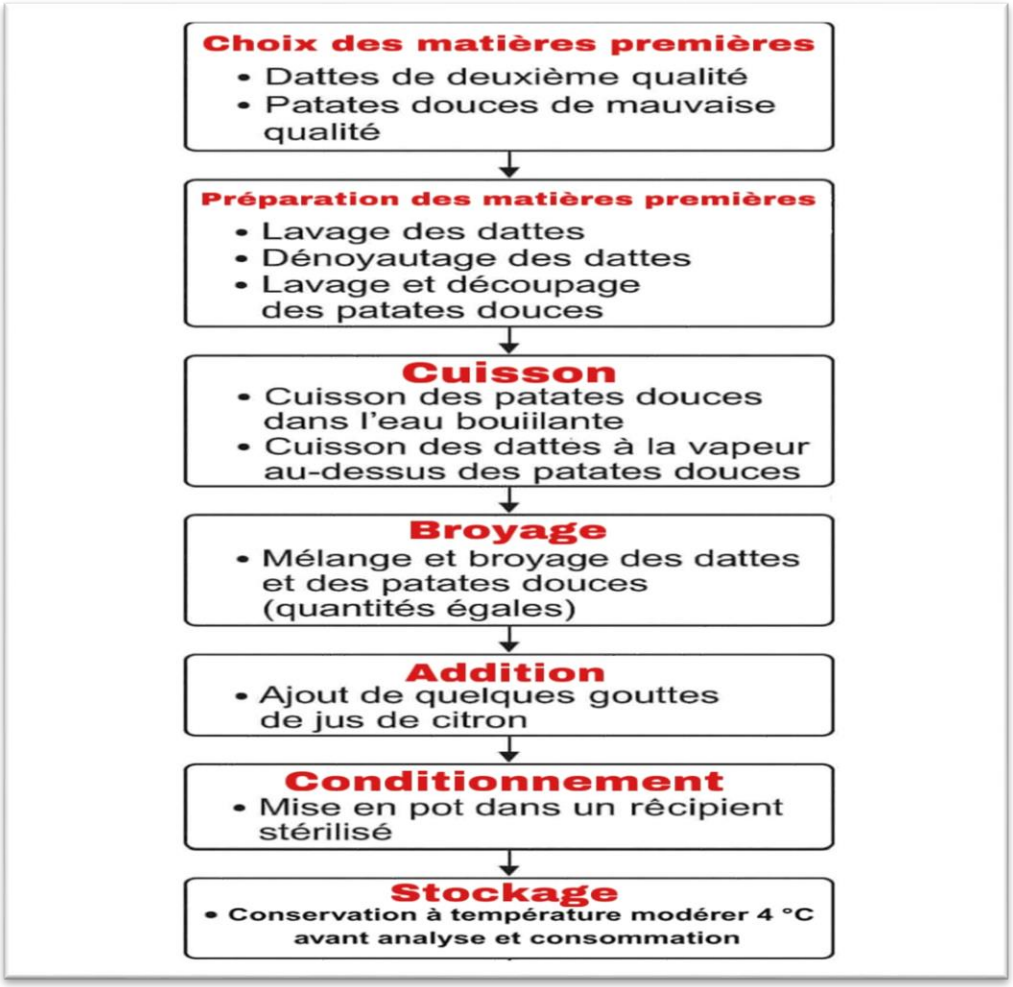


Figure 06 : Diagramme de fabrication de la compote biofortifiée

I.3. Méthodes d'analyses

I.3.1. Analyse physico-chimique

I.3.1.1. Détermination du pH (NF V 05108, 1970)

Le pH est une mesure quantitative de l'acidité ou de la basicité d'une solution, c'est un paramètre qui permet de mesurer la concentration en ions H+ dans une solution. Il s'agit d'une grandeur sans unité. La mesure du pH consiste à introduire l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon après réglage de la température d'étalonnage. La lecture se fait directement sur

le pH-mètre **(Benamara, 2017).**

I.3.1.2 Détermination de la teneur en eau (NF V 05-108, 1970)

La perte de masse d'un produit lorsqu'il est soumis à une dessiccation renseigne sur sa teneur en eau **(Benamara, 2017).** Le séchage d'une masse déterminée du produit est réalisé dans une étuve à 103-105°C pendant 3 heures, jusqu'à obtention d'une masse constante. L'extrait sec total est exprimé en pourcentage.

Peser la capsule en verre vide séchée et refroidie puis introduire 5g de compote. Placer le tout dans l'étuve réglée à 103-105°C pendant 5 heures. Après séchage, procéder à la pesé du résidu. La teneur en eau est exprimée en pourcentage de masse de produit et est donnée par la formule suivante :

$$TE\% = (M1-M2)/ (M1-M0) . 100$$

Où :

M_0 : La masse, en gramme, de la capsule vide.

M_1: La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai avant la dessiccation.

M_2: La masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai après la dessiccation.

I.3.1.3 Détermination de la matière sèche :

Consiste à mesurer la quantité de matière restant dans un échantillon après élimination de toute l'eau par séchage. Elle est généralement exprimée en pourcentage et permet d'évaluer la teneur en solides d'un produit, ce qui est important pour contrôler sa qualité, sa conservation et son traitement industriel.

$$MS\ \% = 100 – TE\ \%$$

I.3.1.4 Détermination des cendres (NF V 05-113, 1972)

Le dosage des cendres est basé sur la destruction de toute matière organique sous l'effet de température élevée (500 ± 25 °C).

Peser les creusets vides, ensuite les peser avec 5g d'échantillon. Les creusets sont placés dans le four à moufle réglé à 550°C pendant 3-5h, à la sortie du four les creusets sont mis dans un dessiccateur pour le refroidissement. On pèse les creusets après qu'ils soient refroidis. **(Doukani et Tabak, 2015).**

La teneur en cendres est exprimée en pourcentage du poids frais du produit, et est donnée par la formule suivante :

$$C\ \% = (M_2 - M_0) / (M_1 - M_0) \cdot 100$$

Où

M_0 : Masse en grammes de la capsule vide**.**

M_1 : Masse en grammes de la capsule et de la prise d'essai (échantillon frais).

M_2 : Masse en grammes de la capsule et des cendres obtenues (cendres).

I.3.1.5. Détermination du taux des solides solubles

Le degré Brix traduit le taux des matières sèches solubles, contenues dans une solution. Il consiste à mesurer l'indice de réfraction d'un échantillon à une température de 20°C, puis à effectuer une conversion de cet indice en résidu sec soluble. Ce dernier, déterminé par réfractomètre, exprime la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées de préparation et de température. Le taux de solides solubles (TSS), exprimé en degré Brix.

Une goutte de l'échantillon a été mise sur la plaque du refractomètre préalablement nettoyé et séché avec l'eau distillée. Le degré Brix a été lu directement sur l'échelle à l'intersection de la limite entre la frange claire et la frange foncée **(Doukani et Tabak, 2015).**

I.3.1.6. Dosage des sucres totaux (Méthode de Dubois):

La méthode de **Dubois *et al.*, (1956)** permet de doser les oses. La réaction entre le phénol et les sucres implique la déshydratation des sucres (hexoses) en 5-(hydroxymethyl)- 2-furaldéhyde (HMF), en présence d'acides forts. La réaction subséquente du phénol avec HMF mène à la formation d'un chromogène inconnu. Les oses donnent une couleur jaune orange dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration des glucides.

Après avoir dilué l'échantillon pour être dans un intervalle de mesure cohérent avec la gamme étalon, on mélange dans un tube à essai 1 ml d'échantillon avec 1ml de phénol (5%) après agitation on ajoute 5 ml d'acide sulfurique, les tubes ont été incubés par la suite à 100°C pendant 10 min et puis à l'obscurité pendant 30 min, la mesure des DO sera à 492 nm.

Les résultats ont été exprimées en se référant à la courbe d'étalonnage du glucose (Voir Annexes)

I.3.2. Analyse microbiologique

I.3.2.1. Préparation de la solution mère

Préparer d'abord les échantillons pour l'analyse. Pour ce faire, on prélève, dans des conditions d'asepsie totale, à l'aide d'une spatule stérilisée au bec bunsen 10 g d'échantillon. Ajouter 90 mL d'eau physiologique qui a pour but de revivifier les germes. Homogénéiser la totalité et laisser reposer pendant 15 minutes.

I.3.2.2. Germes Aérobies Mésophiles Totaux (NF EN ISO 6222)

La GAMT ou FTAM « La Flore Mésophile Aérobie Totale » correspond à un bon nombre de microorganismes qui se développent à température ambiante. La FTAM est un indicateur d'hygiène important. En effet, elle permet d'évaluer le nombre d'Unité Formant Colonies (UFC) présent dans un produit ou sur une surface.

Les germes aérobies mésophiles totaux sont recherchés et dénombrés comme suit :

- 1ml de la suspension mère contenue dans une fiole et ses dilutions prélevées à l'aide d'une pipette graduée est ensemencé dans la masse du milieu gélosé PCA à raison de 15 ml de milieu en surfusion à 45- 47°C.
- Une mince couche du même milieu est coulée à la surface du milieu ensemencé (après solidification).
- La lecture a été faite après 72 heures d'incubation dans une étuve à 30°C. Les colonies présentes dans chaque boîte de Pétri sont comptées et le nombre estimé d'unités formant colonies (UFC) présentes dans 1 ml d'échantillon est calculé.

I.3.2.3. Coliformes totaux (ISO 4832

La numération des coliformes totaux est réalisée en milieu VRBL solide (Violet Red Bile Agar) comme suit :

- 1 ml de chaque dilution (jusqu'à 10^{-5}) a été ensemencé en masse. L'incubation se fait à 30°C pendant 24 heures.

I.3.2.4. Coliformes fécaux et / ou thermo tolérants (ISO 4832)

Parmi les coliformes totaux (à 30 °C), on distingue les coliformes thermo tolérants (dits fécaux) qui fermentent le lactose à 44 °C. Le dénombrement de ces germes se fait aussi sur le milieu VRBL de la manière citée pour les coliformes totaux. L'incubation se fait à 44°C pendant 24 heures.

I.3.2.5. Dénombrement de la flore fongique (ISO 21527-2)

Cette recherche concerne les levures et moisissures. Le milieu utilisé est la gélose OGA (Oxytétracycline Glucose Agar). Après homogénéisation et solidification, 0,1 ml de la suspension mère est ensemencé en surface. L'incubation se fait dans l'étuve à une température de 28°C pendant 3 à 5 jours. Les levures et moisissures sont de couleurs et de formes très variables. L'observation quotidienne des boîtes est nécessaire.

I.3.2.6. Recherche des Staphylocoques (ISO 6888-1)

La recherche de staphylocoques est réalisée sur milieu Baird Parker gélosé coulé dans des boites de Pétri. Après solidification, 0,1 ml de la solution mère et des dilutions (10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}) ont été transféré à l'aide d'une pipette stérile à la surface de chacune des deux boîtes de milieu gélosé (deux boites par dilution), puis les boites ont été laissées sécher avec leur

couvercle en place pendant 15 min à température ambiante. Une autre boite faisant office de témoin a été également préparée contenant uniquement le milieu Baird Parker. Les boîtes préparées ont été retournées et incubé pendant 24 heures à 37°C.

I.3.3. Analyse Sensorielle

L'analyse sensorielle est un examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens. Elle permet d'étudier les caractéristiques sensorielles des produits en faisant intervenir l'homme comme "instrument de mesure " à partir de ses 5 sens : odorat, goût, vue, ouïe et toucher **(Meilgaard *et al.*, 1999).**

La dégustation a été effectuée par 34 personnes de l'entourage universitaire dont l'âge varie de 20 à 40 ans qui ont été préalablement informées. Au moment de la dégustation, chaque membre avait en face de lui le produit à analyser, une bouteille d'eau minérale, serviettes en papier, un questionnaire et crayon avec gomme pour faciliter le travail des participants au test.

Cette analyse a été effectuée dans la même journée où nous avons tenus à respecter les conditions d'analyse essentiellement : L'hygiène, l'isolement du dégustateur et un endroit calme. Nous avons opté pour un test hédonique permettant d'évaluer l'acceptabilité du produit par les dégustateurs. En effet, la qualité première d'un aliment réside dans sa qualité organoleptique. Déguster c'est tout d'abord analyser ses impressions pour ensuite, les décrire selon un vocabulaire précis.

I.3.3.1. Test hédonique

Au cours du processus d'évaluation hédonique, tous les bénévoles ont utilisé un questionnaire pour mesurer les degrés de combien ont aimé la couleur la texture, l'odeur, le goût du produit présenté. Les dégustateurs ont goûté l'échantillon et ont donné un nombre compris entre 0 et 5 : chaque attribut est mesuré selon une échelle d'acceptabilité universelle de points, 0 : désagréable et 5: très agréable (Tableau II) **(Zhang *et al.*, 2016)**. Également, Un espace réservé pour les commentaires enregistrés en bas du questionnaire.

Tableau II : Evaluation hédonique par l'échelle de cotation de 6 points.

0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Désagréable	Peu désagréable	Ni désagréable ni agréable	Peu agréable	Agréable	Très agréable

Les données expérimentales sont présentées sous forme de moyennes ± d'écarts-type des expériences. Un diagramme en radar (Toile d'araignée) permet de voir d'un coup d'œil les différences et les similarités entre les différentes caractéristiques du produit étudié.

Partie Expérimentale

Chapitre II : Résultats et discussion

II. Résultats et discussions

II.1. Propriétés physico-chimiques

Tableau III: Résultats des analyses physico-chimiques de la compote

Paramètre analysé	Résultat	Unité
pH	6,1	-
Teneur en Sucres totaux	248,9	mg/g
Teneur en solides solubles (°Brix)	9,2	°Brix
Teneur en cendres	4	%
Teneur en eau	50,94	%
Matières sèches	49,06	%

Le pH du produit analysé est de 6,1, ce qui s'explique par la nature peu acide des deux ingrédients principaux, des dattes d'un pH 5,3–6,3 selon **Zahra et Zohran (2011)** et de la patate douce d'un pH 5,0–7,2 selon **Solomon *et al.* (2015)**. Cette valeur est toutefois plus élevée que celle rapportée par **Almaghlouth *et al.* (2023)** dans une confiture à base de dattes et de patate douce, probablement en raison de l'absence d'acide citrique industriel et de grandes quantités de sucre dans notre formulation, deux facteurs connus pour abaisser le pH du produit fini, et remplacés uniquement par quelques gouttes de jus de citron. De même, la valeur du pH est supérieure à celui observé par **Baroyi *et al.* (2023)** dans des gels énergétiques sportifs à base de dattes (pH 5,10–5,35), ce qui s'explique par la présence de la patate douce qui possède un pH plus élevé, influençant ainsi la valeur finale du produit. Bien que notre produit présente des avantages nutritionnels, une optimisation de l'acidification serait nécessaire pour améliorer sa stabilité microbiologique.

La teneur en sucres totaux de notre produit est de 24,89 g/100g**.** Cette valeur est nettement plus élevée que celle rapportée par la base **CIQUAL** pour certaines compotes sans sucre ajouté (environ 11,3 g/100g), ainsi que celle des compotes de pêche étudiées par **Mendonça *et al.* (2001)**, dont les teneurs varient entre 13,16 et 18,38 g/100g. Cette richesse en sucres s'explique par la présence de dattes, un ingrédient naturellement sucré, même lorsqu'il est de qualité inférieure, comme le soulignent **Besbes *et al.* (2014).** Par ailleurs, une étude de **Handayani et Hidayati (2024)** sur des confitures à base de patate douce pourpre et de sucre de manioc a montré des teneurs en sucres variant de 2,2 % à 39,2 %, selon la proportion de sucre ajouté. Ces résultats illustrent bien l'impact de la formulation sur la teneur finale en sucres. Par ailleurs, **Temagoult *et al.* (2022)** ont rapporté des teneurs en sucres de 26,4 % à 26,9 % dans des compotes enrichies en sirop de dattes, ce qui reste légèrement supérieur à notre produit, dont la formulation ne repose que sur les sucres naturellement présents dans les ingrédients, sans ajout externe.

La teneur en solides solubles de notre produit (9,2 °Brix) est nettement inférieure à celle des compotes édulcorées de pêche rapportées par **El-Gendy *et al.* (2022),** où les valeurs allaient de 10,25 % à 26,38 %. Cette différence s'explique par l'absence totale d'édulcorants dans notre formulation, qui repose uniquement sur les sucres naturellement présents dans les dattes et la patate douce. Malgré cette faible valeur, notre produit respecte le seuil minimal de 9,0 °Brix exigé pour les compotes non sucrées selon la norme **Codex (CODEX STAN 17-1981)**. En comparaison, **Areche *et al.* (2022)** ont obtenu une valeur de 16 °Brix dans une compote de *Mespilus germanica* en raison de l'ajout d'agar extrait de l'algue, qui modifie la texture et pourrait également influencer la concentration des solides solubles**.**

Les résultats obtenus confirment le caractère naturel de notre compote et la justifient dans la catégorie des produits sans sucres ajoutés.

La teneur en cendres de notre produit est de 4 %, ce qui témoigne d'une richesse minérale intéressante. En comparaison, **Pessu *et al.* (2022)** ont rapporté des teneurs en cendres comprises entre 3,22 % et 7,21 % dans différents produits à base de patate douce bio-fortifiée soumis à diverses méthodes de traitement thermique. Cela montre que notre résultat s'inscrit dans l'intervalle observé et souligne l'impact du mode de transformation sur la composition minérale finale. De plus, **Ferweez et Ismail (2018)** ont montré que l'enrichissement de la compote de dattes avec du lait et du dibs entraînait une augmentation notable de la teneur en cendres, en raison de l'apport en minéraux de ces ingrédients. Bien que notre formulation ne comporte pas d'ingrédients enrichis, la teneur en cendres observée pourrait être attribuée à l'utilisation de dattes avec leur peau et d'ingrédients peu transformés, permettant ainsi la préservation d'une bonne part des minéraux naturellement présents dans les matières premières.

La teneur en eau du produit calculé est de 50,94 %, ce qui est inférieure à celle des compotes industrielles sans sucres ajoutés référencées dans la base **CIQUAL** ainsi qu'à celle trouvée par **Temagoult *et al.* (2022)** (variait entre 70,60 % et 74,65 %) dans des compotes à base de figue de Barbarie et sirop de datte. Cette différence notable pourrait s'expliquer par la nature des matières premières utilisées, notamment l'utilisation de dattes de qualité inférieure, à texture dure et peu juteuses, ainsi que par les conditions de cuisson ayant favorisé une évaporation plus importante de l'eau. En revanche, cette teneur reste proche de celle obtenue par **Almaghlouth *et al.* (2023)** dans une confiture à base de dattes et de patates douces, ce qui confirme l'influence des ingrédients sur l'humidité finale du produit. Une telle réduction de l'humidité induit une concentration plus élevée en matière sèche (49,06 %), ce qui peut contribuer à une meilleure conservation du produit, une texture plus dense et une valeur nutritionnelle plus concentrée.

II.2. Propriétés microbiologiques

Tableau IV : Résultats des analyses microbiologiques du produit

Germes recherchés	**Echantillon analysé**	**Norme**
Germe Aérobies Mésophiles Totaux	2.10^4	$< 10^5$ (JORA, 2017)
Coliformes fécaux et thermo tolérants	Absent	Absence (JORA,2017)
Flore fongique	Absent	$< 10^3$ (NF ISO 7954/88)
Staphylocoques	Absent	Absence (CODEX A)

Les résultats des analyses microbiologiques de la compote indiquent une charge en Germes Aérobies Mésophiles Totaux (GAMT) de $2,1 \times 10^4$ UFC/g, ce qui reste bien en dessous du seuil maximal autorisé de 10^5 UFC/g selon la réglementation en vigueur **(JORA, 2017)**. Toutefois, cette valeur, bien qu'acceptable, reflète une charge microbienne notable. Il est recommandé de renforcer les mesures d'hygiène lors de la préparation et du conditionnement, et d'assurer strictement le respect de la chaîne du froid afin de garantir la qualité microbiologique du produit tout au long de sa durée de vie.

Les coliformes totaux, et plus particulièrement les coliformes fécaux, sont des indicateurs classiques d'une éventuelle contamination fécale. Leur absence dans tous les échantillons analysés est un résultat très positif, conforme aux exigences sanitaires **(JORA, 2017)**. Les coliformes sont utilisés dans le contrôle de la qualité microbiologique car leur présence pourrait signaler une mauvaise hygiène, selon **Feng *et al.* (2020)** le respect des bonnes pratiques d'hygiène (BPH) doit être strict pour éviter toute contamination secondaire.

L'analyse de la flore fongique a montré l'absence totale de levures et de moisissures dans tous les échantillons étudiés. Ce résultat est conforme aux exigences microbiologiques pour les produits sucrés, comme le stipule la norme NF ISO 7954/88. D'après les études de **Pitt et Hocking (2009),** les levures et les moisissures sont capables de proliférer dans des milieux riches en sucres et en humidité. Leur présence dans les denrées alimentaires constitue un risque important, notamment par la dégradation des qualités organoleptiques et par la production possible de mycotoxines. L'absence de flore fongique dans nos échantillons indique **(Pitt et Hocking ., 2009)**:

Le respect rigoureux des bonnes pratiques d'hygiène (BPH).

- Le nettoyage des matières premières utilisées.
- Des conditions de stockage adéquates empêchant le développement fongique.

Ainsi, ces résultats reflètent une excellente maîtrise des risques liés aux contaminations fongiques et contribuent à assurer la stabilité et la sécurité du produit fini.

Les staphylocoques pathogènes, principalement *Staphylococcus aureus*, sont des agents reconnus d'intoxications alimentaires par production d'entérotoxines thermostables. Aucun

staphylocoque n'a été détecté dans les échantillons, ce qui témoigne d'une bonne hygiène corporelle du personnel, ainsi que de la propreté des équipements et de l'environnement de transformation. Les intoxications alimentaires dues aux staphylocoques surviennent principalement par une mauvaise manipulation des produits après cuisson. L'absence de ces microorganismes prouve une gestion adéquate de l'hygiène et une prévention efficace du risque de contamination **(Le Loir *et al.*, 2003).**

L'ensemble des résultats microbiologiques obtenus montre que les échantillons de compote étudiés sont conformes aux normes de sécurité alimentaire. Les analyses montrent une maîtrise des paramètres microbiologiques critiques, garantissant ainsi un produit stable et sûr pour la consommation. Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2006), l'application stricte des bonnes pratiques d'hygiène (BPH), est essentiels pour assurer une bonne qualité sanitaire des aliments.

II.3 Propriétés Sensorielle

L'analyse sensorielle de la compote produite (Figure 07) met en avant plusieurs critères importants pour l'appréciation du produit.

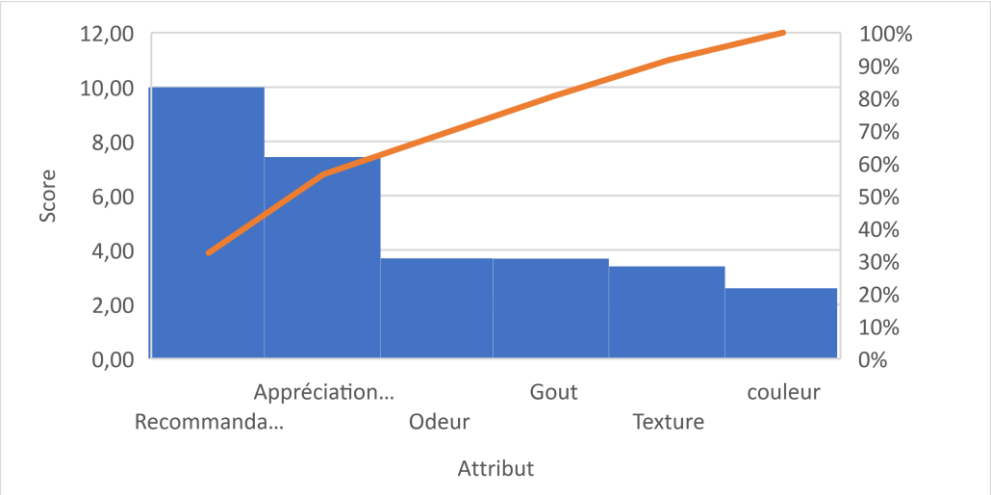


Figure 07 : Analyse sensorielle de la compote à l'aide d'un graphique en barres basée sur des critères de qualité.

En effet, La compote présente une texture (3,41/5) relativement satisfaisante, mais pourrait bénéficier d'une meilleure homogénéité ou d'une consistance plus adaptée aux attentes des consommateurs.

La Couleur (2,60/5) semble être le moins bien noté. Une couleur jugée peu attrayante pourrait influencer négativement la perception globale du produit. Il serait intéressant d'analyser l'origine de cette note (ex. oxydation, choix des ingrédients, procédés de fabrication).

Par ailleurs, les attributs du goût (3,69/5) et de l'odeur (3,69/5) sont bien notés, ce qui indique une formulation réussie en termes de saveur et de parfum. La recette semble offrir une expérience gustative appréciable, ce qui est un point fort du produit.

L'appréciation globale (7,43/10) confirmant que la compote plaît aux consommateurs, mais qu'elle pourrait être perfectionnée sur certains aspects (notamment la couleur et la texture).

Le score attribué à la Recommandation du produit (0,97/1) montre que la majorité des consommateurs sont prêts à recommander la compote, ce qui est un excellent indicateur de satisfaction.

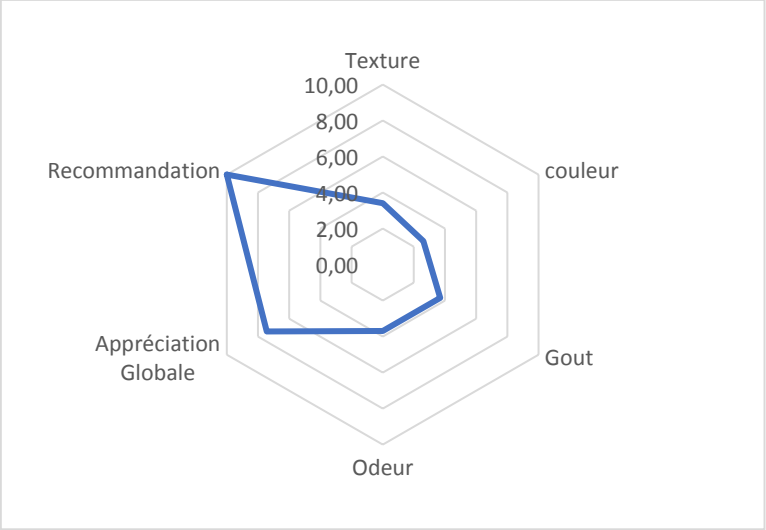


Figure 08 : Profils sensoriels de l'échantillon de compote analysé

En procédant à l'analyse de la figure 08, laquelle illustre un graphique radar (également désigné sous le terme de graphique en toile d'araignée), il est possible de visualiser l'évaluation sensorielle de la compote et d'en déduire les critères suivants susceptibles d'être améliorés : La texture et la consistance de la compote peuvent être amélioré en ajustant la cuisson ou en modifiant l'équilibre entre les composants. Également, L'amélioration de la couleur de la compote est recommandée en ajustant la formulation par l'ajout d'antioxydants naturels pour limiter l'oxydation, et de réaliser le meilleur choix des matières premières.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce présent travail, un essai sur l'exploitation des sous-produits agro-industriels alimentaires tels que les dattes de deuxième qualité et les tubercules de patate douce non standard a été réalisé, ce qui contribue à réduire le gaspillage alimentaire tout en nourrissant des régimes sains et équilibrés. Dans ce contexte, un effort a été fait pour donner naissance à un produit bio-fortifiés à partir de ces matières premières locales par des méthodes simples de cuisson, de broyage et de mélange.

Pour évaluer la qualité du produit final, plusieurs analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont été effectuées pour garantir qu'il répondait aux exigences.

L'évaluation des échantillons a montré que la compote présente un niveau adéquat de matière sèche (49,06%), un pH approprié (6,1) et des niveaux optimaux de sucres (248,9mg/g) et Teneur en solides solubles (9,2°Brix). La teneur en cendres de notre produit est de 4 %, ce qui témoigne d'une richesse minérale intéressante. Ces résultats illustrent bien l'impact de la formulation sur la teneur finale en composés. L'analyse microbiologique a également validé l'hygiène du produit, car aucune contamination microbienne significative n'a été constatée, indiquant que de bonnes pratiques hygiéniques ont été maintenues lors de la préparation de l'échantillon.

Comme cela a été précisé, l'évaluation sensorielle a servi à tester l'acceptabilité du produit par les dégustateurs. Globalement, les résultats montrent une satisfaction positive vis-à-vis de l'appréciation de la texture et du goût. Toutefois, l'amélioration de la couleur de la compote est recommandée en ajustant la formulation (ajout d'antioxydants naturels pour limiter l'oxydation, meilleur choix des matières premières). La texture et la consistance de la compote doivent être également améliorées en ajustant la cuisson ou en modifiant l'équilibre entre les composants (ajout éventuel de pectine naturelle). En tenant compte de la recommandation globale, ce produit aura un excellent potentiel sur le marché, et avec quelques ajustements techniques, il pourrait améliorer davantage son attractivité sensorielle et la satisfaction du consommateur.

En l'occurrence, il serait important d'étendre ces travaux en réalisant des études plus poussées sur la composante de la nutrition comme les concentrations en polyphénols, la capacité antioxydante et les vitamines, ainsi que des examens de la conservation et de la stabilité du produit final. Un tel projet représente une proposition de valorisation dans une économie circulaire durable où la nutrition et l'innovation s'accordent avec le respect de l'environnement.

Références bibliographiques

Abbas, M., Saeed, F., Anjum, F. M., Afzaal, M., Tufail, T., Bashir, M. S., Ishtiaq, A., Hussain, S., & Suleria, H. A. R. (2017). Natural polyphenols: An overview. *International Journal of Food Properties, 8*, 1689–1699.

AILE. (2022). *Des résidus de maïs à l'énergie*. AILE.

Almaghlouth, B. J., Alqahtani, N. K., Alnabbat, K. I., Mohamed, H. A., Alnemr, T. M., & Habib, H. M. (2023). Valorization of second grade date fruit byproducts and nonstandard sweet potato tubers to produce novel biofortified functional jam. *Foods, 12*, 1906.

Areche, F. O., Nayik, G. A., Corilla Flores, D. D., Quispe-Solano, M. A., De La Cruz-Porta, E. A., Ruiz Rodríguez, A., Roman, A. V., & Chweya, R. (2023). Formulation, characterization, and determination of the rheological profile of loquat compote *Mespilus germánica* L. through sustenance artificial intelligence. *Journal of Food Quality, 2023*, Article ID 3344539, 12 pages.

Arruda, H. S., Silva, E. K., Peixoto Araujo, N. M., Pereira, G. A., Pastore, G. M., & Marostica Junior, M. R. (2021). Anthocyanins recovered from agri-food by-products using innovative processes: Trends, challenges, and perspectives for their application in food systems. *Molecules, 26*(2632).

Ashraf, Z., & Hamidi-Esfahani, Z. (2011). Date and date processing: A review. *Food Reviews International, 27*(2), 101-133.

Baroyi, S. A. H. M., Yusof, Y. A., Ghazali, N. S. M., Al-Awaadh, A. M., Kadota, K., Mustafa, S., Abu Saad, H., Shah, N. N. A. K., Fikry, M. (2023). Determination of physicochemical, textural, and sensory properties of date-based sports energy gel. *Gels, 9*, 487.

Benamara, R. N. (2017). *Intitulé de la thèse* (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen).

Berenguer, C. V., Andrade, C., Pereira, J. A. M., Perestrelo, R., & Câmara, J. S. (2023). Current challenges in the sustainable valorisation of agri-food wastes: A review. *Processes, 11*(20).

Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C., & Attia, H. (2014). Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional, and sensory characteristics of date jam. *Food Research International*.

Betoret, N., Betoret, E., & Glicerina, V. T. (2024). Valorization and utilization of food wastes and by-products: Recent trends, innovative technologies, and sustainability challenges. *Foods, 13*, 9.

Bougrier, C., & Hélias, A. (2018). Valorisation des sous-produits végétaux pour l'alimentation animale : impacts environnementaux. *Viandes et Produits Carnés, 34*(2), 45-56.

Chaléard, C., & Lebert, A. (2019). Barquettes agro-sourcées à base de sous-produits des industries agro-alimentaires : Projet FP7 EcoBioCAP. *Innovations Agronomiques, 74*, 45-56.

Chapoutot, P., Rouillé, B., Sauvant, D., & Renaud, B. (2019). Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. Productions Animales, 31(3), 201–220

Delgado, A. M., Issaoui, M., & Chammem, N. (2019). Analysis of main and healthy phenolic compounds in foods. *Journal of AOAC International, 5*, 1356–1364.

Difonzo, G., Antonino, C., Squeo, G., Caponio, F., & Faccia, M. (2023). Application of agri-food by-products in cheesemaking. *Antioxidants, 12*, 660.

Diop, A. M., & Hane, M. B. (2014). Valorisation de Azolla spp, Moringa oleifera, son de riz et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale. *Journal of Applied Biosciences, 79*, 6949-6960.

Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets.

Doukani, K., & Tabak, S. (2015). Profil physicochimique du fruit "Lendj" (Arbutus unedo L.). *Nature & Technology, (12)*, 51.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry, 28*(3), 350-356.

Eggersdorfer, M., & Wyss, A. (2018). Carotenoids in human nutrition and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 18-26.

El-Gendy, M. A., & Aly, S. S. H. (2023). Production and evaluation of natural sweeteners and packaging materials on peach compote's shelf life. *Food Technology Research Journal, 2*(special issue 2), 145-157.

Enciso-Martínez, Y., Zuñiga-Martínez, B. S., Ayala-Zavala, J. F., Domínguez-Avila, J. A., González-Aguilar, G. A., & Viuda-Martos, M. (2024). Agro-industrial by-products of plant origin: Therapeutic uses as well as antimicrobial and antioxidant activity. *Biomolecules, 14*, 762.

Fardet, A. (2010). Nouvelles perspectives pour les produits céréaliers : vers des aliments plus sains et plus protecteurs. *Innovations Agronomiques, 11*, 123-134.

Feng, P., Weagant, S. D., & Grant, M. A. (2020). Bacteriological Analytical Manual, Chapter 4. *FDA.*

Ferweez, H., & Ismail, H. A. (2018). Evaluation of date compote prepared with different levels of dibs and milk. *Egyptian Journal of Nutrition, XXXIII*(2).

Gahruie, H. H., Parastouei, K., Mokhtarian, M., Rostami, H., Niakousari, M., & Mohsenpour, Z. (2020). Application of innovative processing methods for the extraction of bioactive compounds from saffron (Crocus sativus) petals. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 19*, 100264.

Gänzle, M. G. (2012). Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation. *Food Microbiology, 37*, 2-10.

Gavahian, M., Chu, Y.-H., Khaneghah, A. M., Barba, F. J., & Misra, N. N. (2018). A critical analysis of the cold plasma induced lipid oxidation in foods. *Trends in Food Science & Technology, 04.009*.

Görgüç, A., Gençdağ, E., & Yılmaz, F. M. (2020). Bioactive peptides derived from plant origin by-products: Biological activities and techno-functional utilizations in food developments—A review. *Food Research International, 109504*.

Grigoras, C. G. (2012). *Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par des procédés enzymatiques* (Thèse de doctorat). Université d'Avignon.

Handayani, S., & Hidayati, K. (2024). Analysis of beta-carotene, total sugar, and organoleptic jam of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Poir) variation with cassava sugar (*Manihot esculenta*). *Amerta Nutrition, 8*(2), 253-262.

Hickey, C. D., O'Sullivan, M. G., Davis, J., Scholz, D., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Sheehan, J. J. (2018). The role of buttermilk in cheese manufacture and ripening: A review. *International Journal of Dairy Technology, 71*(3), 651-664.

Ionită-Mîndrican, C.-B., Ziani, K., Mititelu, M., Oprea, E., Neacșu, S. M., Moroșan, E., Dumitrescu, D.-E., Roșca, A. C., Drăgănescu, D., & Negrei, C. (2022). Therapeutic benefits and dietary restrictions of fiber intake: A state-of-the-art review. *Nutrients, 14*(2641).

Isara. (2018). *Fermentation des sous-produits végétaux de l'agroalimentaire*.

Ivanović, N., Ilić, T., Ćirić, M. Z., Todorović, V., Đuričić, I., & Dabetić, N. (2023). Agri-food by-products as a source of sustainable ingredients for the production of functional foods and nutraceuticals. *Pregledni Rad, 73*, 190–204.

Kouassi, E. (2022). *Contribution à la valorisation des sous-produits agricoles en Côte d'Ivoire : Production d'acide citrique par fermentation* (Thèse de doctorat, Université Nangui Abrogoua).

Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., & Narsaiah, K. (2015). Recent trends in the use of natural antimicrobials in food packaging. *Food and Bioprocess Technology, 8*(4), 881-903.

Le Loir, Y., Baron, F., & Gautier, M. (2003). Staphylococcus aureus and food poisoning. *Genetics and Molecular Research*.

Makinen, S., Johannsson, T., & Schieber, A. (2013). Utilisation des sous-produits de l'industrie des fruits et légumes comme sources de composés bioactifs. *Trends in Food Science & Technology, 29*(2), 50-60.

Maubois, J. L., & Ollivier, G. (1992). Valorisation des protéines du lactosérum : état actuel et perspectives. *Le Lait, 72*(4), 381-396.

Meilguard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques* (3rd ed.). CRC Press.

Mendonça, C. R., Zambiazi, R., & Granada, G. G. (2001). Sensory and nutritive qualities of food partial substitution of sugars by the low-calorie sweetener sucralose in peach compote. *Journal of Food Science, 66*(8).

Milani, A., Basirnejad, M., Shahbazi, S., & Bolhassani, A. (2017). Carotenoids: Biochemistry, pharmacology and treatment. *British Journal of Pharmacology, 174*(11), 1290-1324.

Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production, 65*, 28-41.

Nikmaram, N., Roohinejad, S., Hashemi, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Abbaspourrad, A., & Greiner, R. (2017). Emulsion-based systems for fabrication of electrospun nanofibers: Food, pharmaceutical and biomedical applications. *RSC Advances, 7*, 28951e28964.

Oladzad, S., Fallah, N., Mahboubi, A., Afsham, N., & Taherzadeh, M. J. (2021). Date fruit processing waste and approaches to its valorization: A review. *Bioresource Technology, 340,* 125625.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2013). *Résidus agricoles et sous-produits agro-industriels en Afrique de l'Ouest : synthèse des connaissances et propositions de recherche pour améliorer leur utilisation dans l'alimentation des ruminants*.

O'Shea, N., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 16,* 1-10.

Pessu, P. O., Akande, S. A., Abel, G. I., Gbabe, E. K., Adarabierin, I. G., Olagunju, O. D., & Ayanda, I. S. (2020). Influence of processing methods on the quality attributes of bio-fortified sweet potato products. *Agrosearch, 20*(1), 133-143.

Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage*. Springer.

Pujol, D., Liu, C., Gominho, J., Olivella, M. Á., Fiol, N., Villaescusa, I., & Pereira, H. (2013). Characterization of rice husk and coffee husk valorization for the production of biosorbents. *Journal of Environmental Management, 117,* 152-159.

Puri, M., Sharma, D., & Barrow, C. J. (2012). Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. *Trends in Biotechnology, 30*(1), 1–64.

Rancoli, P., Lundin, M., Bolton, K., & Eriksson, M. (2017). Environmental impacts of waste management and valorisation pathways for food waste from a life cycle perspective. *Waste Management, 59,* 88-96.

Ratu, R. N., Velescu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoaia, V. N., Crivei, I. C., Postolache, A. N., Lipsa, F. D., Filipov, F., & Florea, A. M. (2023). Application of agri-food by-products in the food industry. *Agriculture, 13,* 1559.

Rivera-Madrid, R., Carballo-Uicab, V. M., Cárdenas-Conejo, Y., Aguilar-Espinosa, M., & Siva, R. (2020). Overview of carotenoids and beneficial effects on human health. *Carotenoids: Properties, Processing and Applications,* 1-40.

Rodrigues, J. P. B., Liberal, Â., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C. F. R., Oliveira, M. B. P. P., Fernandes, Â., & Barros, L. (2022). Agri-food surplus, waste and loss as sustainable biobased ingredients: A review. *Molecules, 27,* 5200.

Schieber, A., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds—recent developments. *Trends in Food Science & Technology, 12*(11), 401-413.

Schuck, P., Mejean, S., Dolivet, A., & Jeantet, R. (2007). Déshydratation et fonctionnalité des protéines du lait et du lactosérum : aspects technologiques et physico-chimiques. *Lait, 87*(4-5), 481-495.

Silva, E. O., & Bracarense, A. P. F. R. L. (2016). Phytic acid: From antinutritional to multiple protection factor of organic systems. *Journal of Food Science, 81*(6).

Smith, J. L., & Fratamico, P. M. (2017). Contamination of animal feed by foodborne Salmonella. *Journal of Food Protection, 80*(12), 2024-2038.

Temagoult, A., Zitouni, B., Noui, Y., Si Belkhir, B., & Bensadi, F. Z. (2022). The cooking influence on the characteristics of compotes based on prickly pear and date syrups. *ALMA MATER Publishing House, 23*(4), 321–332.

Tlais, A. Z. A., Fiorino, G. M., Polo, A., Filannino, P., & Di Cagno, R. (2020). High-value compounds in fruit, vegetable, and cereal byproducts: An overview of potential sustainable reuse and exploitation. *Molecules, 25*(2987).

Trombino, S., Cassano, R., Procopio, D., Di Gioia, M. L., & Barone, E. (2021). Valorization of tomato waste as a source of carotenoids. *Molecules, 26*(5062).

Ueda, J. M., Pedrosa, M. C., Heleno, S. A., Carocho, M., Ferreira, I. C. F. R., & Barros, L. (2022). Food additives from fruit and vegetable by-products and bio-residues: A comprehensive review focused on sustainability. *Sustainability, 14*(5212).

Vincekovic, M., Viskic, M., Juric, S., Giacometti, J., Bursac Kovacevic, D., Putnik, P., Donsì, F., Barba, F. J., & Rezek Jambrak, A. (2017). Innovative technologies for encapsulation of Mediterranean plants extracts. *Trends in Food Science & Technology, 69*, 1–12.

World Health Organization (WHO). (2006). *Five keys to safer food manual*.

Xue, Y., Cui, L., Qi, J., Ojo, O., Du, X., Liu, Y., & Wang, X. (2021). The effect of dietary fiber (oat bran) supplement on blood pressure in patients with essential hypertension: A randomized controlled trial. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases, 31*, 2458-2470.

Yadav, S., Malik, K., Moore, J. M., Kamboj, B. R., Malik, S., Malik, V. K., Arya, S., Singh, K., Mahanta, S., & Bishnoi, D. K. (2024). Valorisation of agri-food waste for bioactive compounds: Recent trends and future sustainable challenges. *Molecules, 29*(2055).

Yang, J., Wang, H.-P., Zhou, L., & Xu, C.-F. (2012). Effect of dietary fiber on constipation: A meta-analysis. *World Journal of Gastroenterology, 18*(48), 7378-7383.

Yang, L., Ling, W., Yang, Y., Chen, Y., Tian, Z., D., Z., Chen, J., Xie, Y., Liu, Z., & Yang, L. (2017). Role of purified anthocyanins in improving cardiometabolic risk factors in Chinese men and women with prediabetes or early untreated diabetes—A randomized controlled trial. *Nutrients, 9*, 1104.

Yusuf, A. A., Ayedun, H., & Sanni, L. O. (2007). Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benniseed (Sesamum indicum) and bambara groundnut (Vigna subterranea). *Food Chemistry, 100*(3), 1447-1451.

Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Zhao, F., Sun, Z., & Liao, X. (2016). Quality comparison of carrot juices processed by high-pressure processing and high-temperature short-time processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 33*, 135-144.

Zhu, Z., Gavahian, M., Barba, F. J., Roselló-Soto, E., Bursac Kovačević, D., Putnik, P., & Denoya, G. I. (2020). Valorization of waste and by-products from food industries through the use of innovative technologies. In *Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability* (pp. 249-266).

Annexes

Annexe 01 : Fiche de dégustation

Questionnaire d'évaluation sensorielle d'un produit bio fortifié à base de dattes et patates douces.

Informations générales

Date de dégustation :

Nom et prénom :

Age : **sexe :** **male** ◯ **femelle** ◯

Evaluation sensorielle

Propriété	Description	Evaluation					
		0 Désagréable	1 Peu désagréable	2 Ni désagréable ni agréable	3 Peu agréable	4 agréable	5 Très agréable
texture							
Couleur							
Gout							
Odeur							

Instruction pour la dégustation :

1- **Remplir les informations de base**
2- **Observer et noter**
   - ✓ Evaluer la texture (épaisse – lisse – collante – fluide – liquide)
   - ✓ Noter la couleur (beige – jaune pâle – orange - brun clair – brun foncé – brun doré …..)
   - ✓ Gouter et identifier les saveurs dominantes (sucré – acide – amère ….)
   - ✓ Noter l'odeur et identifier ses caractéristiques (fruitée , caramélisée, sucré ,florale ,désagréable ….)
3- **Attribuer une note :** sur une échelle de 0 à 5 (Désagréable, Peu désagréable, Ni désagréable ni agréable, Peu agréable, agréable, Très agréable)

Evaluation globale

Question	Note globale (0 à 10)
Etes-vous satisfait du produit ?	

Recommanderiez-vous se produit à d'autre ?	**Oui** ☐	**Non** ☐

Remarque supplémentaire

Annexe 02 : fiche de dégustation (Version Arabe)

استبيان التقييم الحسي لمنتج عضوي مدعّم مصنوع من التمر والبطاطا الحلوة.

معلومات عامة

تاريخ التذوق :

الاسم و اللقب :

السن : **الجنس :** ذكر ◯ أنثى ◯

التقييم الحسي

الخصائص	الوصف	التقييم					
		0 غير مقبول	1 مقبول قليلًا	2 لا مقبول ولا غير مقبول	3 مقبول نوعًا ما	4 مقبول	5 مقبول جدًا
القوام(الملمس)							
اللون							
الطعم							
الرائحة							

تعليمات التذوق :

1. **املأ المعلومات الأساسية**
2. **الملاحظة والتدوين**
   - ✓ **تقييم الملمس** (سميك – ناعم – لاصق – مائع – سائل .....)
   - ✓ **تدوين اللون** (أصفر باهت – برتقالي – بني فاتح – بني داكن – بني ذهبي .....)
   - ✓ **التذوق وتحديد النكهات السائدة** (حلو – حمضي – مر.....)
   - ✓ **تدوين الرائحة وتحديد خصائصها** (فاكهية – كراميلية – حلوة – زهرية– غير محببة .....)

3- **إعطاء درجة تقييم** :على مقياس من 0 إلى 5 (غير مقبول, مقبول قليلا,لا مقبول و لا غير مقبول,مقبول نوعا ما,مقبول,مقبول جدا)

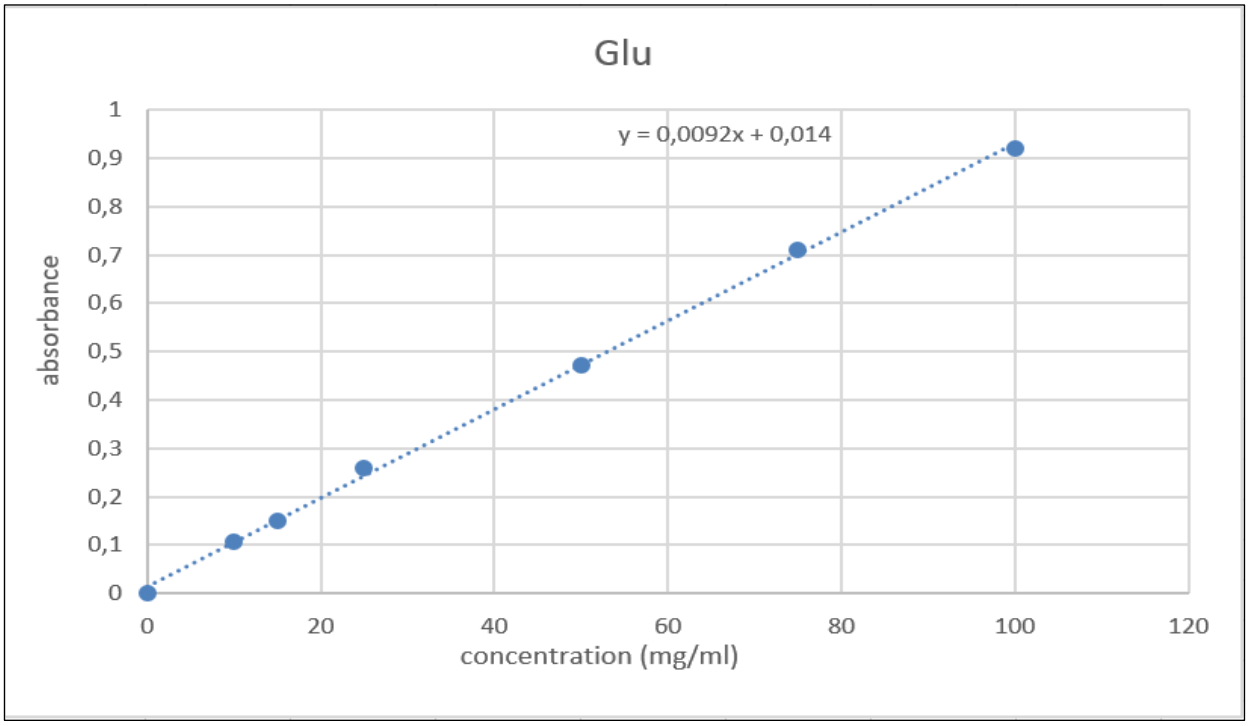
التقييم الشامل للمنتج

السؤال	التقييم الشامل (من 0 الى 10)
ما مدى رضاك عن المنتج ؟	

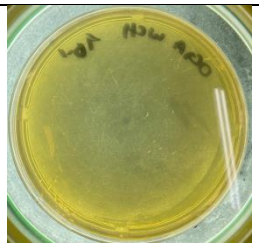
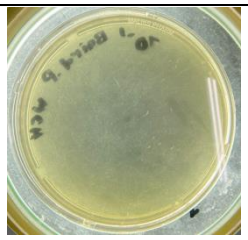
هل ستوصي به الاخرين ؟	نعم ☐ لا ☐

ملاحظات اضافية

Annexe 03 : Courbe d'étalonnage de glucose



Annexe 04 : Résultat de l'analyse microbiologique

	10^{-1}
Germe aérobies mésophiles totaux	
Coliforme totaux	
Coliforme fécaux et thermo tolérants	
Flore fongique	
Staphylocoques	

Annexe 05 : participation au First International Conference on Green Engineering

FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON GREEN ENGINEERING

12TH - 13TH MAY, 2025

HALL OF CONFERENCES, MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI UNIVERSITY OF BORDJ BOU ARRERIDJ, ALGERIA

Innovative Approaches to Biomaterials and Waste Valorization for Development of a Biofortified Product Based on Dates and Sweet Potatoes

AUTHORS	AFFILIATIONS
Chaima Moussaoui - Master's student	Department of food science
Wissal Belouahri - Master's student	Faculty of Natural Life Sciences and Earth and Universe
Wissem Boutana – MAA in food science	Sciences. University Mohamed El Bachir El Ibrahimi

INTRODUCTION

the agricultural sector is under increasing pressure. This demand for healthier produce, particularly fruit and vegetables, has led to an increase in production, generating large volumes of surplus, waste and agri-food losses throughout the plant production chain[1]. Because of their undesirable visual characteristics, these by-products are frequently disposed of, resulting in the loss of valuable resources [2]. These substances are of potential interest for many industrial applications, contributing to health promotion and beneficial nutritional intake [3].

OBJECTIVE

In this context, our work is part of an approach to valorize these resources through the development of a food product made from inferior quality dates and sweet potatoes, initially intended to be discarded.

METHODOLOGY

To evaluate this study, the experimentation included a physicochemical analysis carried out with determinations of pH, water content, dry matter, ash determination, soluble solids content, and total sugars. On the other hand, the microbiological analysis was focused on the search for contaminating germs, such as total, fecal, and thermotolerant coliforms, fungal flora, and staphylococci. We used sensory evaluation to test tasters' acceptability of the product. We chose 34 subjects who had received training in sensory analysis.

RESULTS

Table : Results of microbiological analyses of the product

Germs searched	Sample	Standard
Fecal coliforms	Absent	Absent (JORA,2017)
Fungal flora	Absent	< 10^3 (NF ISO 7954/88)
Staphylococcus	Absent	Absent (CODEX A)

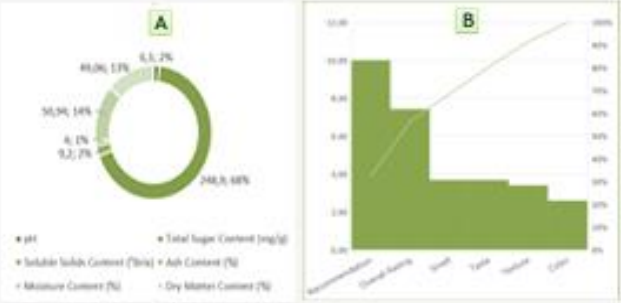
All the microbiological results obtained indicate that the compote sample comply with food safety standards. The analyses demonstrate control over critical microbiological parameters, thereby ensuring that the product is stable and safe for consumption.

ANALYSIS

The product offers nutritional benefits and falls into the category of compotes with no added sugar.

- The use of minimally processed ingredients, including dates with their skins, promotes mineral conservation.
- Its water content contributes to better preservation, a denser texture, and concentrated nutritional value.
- Optimization of acidification is still necessary, however, to enhance microbiological stability.

Taking into account the overall recommendation, this product has excellent market potential; with a few technical adjustments, it could further improve its sensory appeal and meet consumer expectations.



Figures :
A - Results of physicochemical analyses of the product.
B - Sensory analysis of compote based on quality criteria.

CONCLUSION

Despite the benefits, the valorization of agri-food by-products presents challenges, particularly in terms of costs, logistics, and regulations. However, with increasing environmental awareness and technological advances, innovative solutions are emerging to overcome these obstacles [4].This reflects a growing shift towards sustainable solutions that combine innovation with environmental preservation.

References:

[1] Rodrigues, J. F. D., Liberal, A., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C. F. R., Oliveira, M. B. P. P., Fernandes, Â., & Barros, L. (2022). Agri-food surplus, waste and loss as sustainable biobased ingredients: A review. Molecules, 27, 5300.

[2] Ivanović, N., Ed, T., Zivić-Ristić, M., Radenović, V., Marčetić, I., & Dabetić, N. (2025). Agri-food by-products as a source of sustainable ingredients for the production of functional foods and nutraceuticals. Arhiv za farmaciju, 75, 190–209.

[3] Rata, R. N., Vlăsceu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Anasonica, V. N., Cîrvei, I. C., Postolache, A. N., Lipsa, F. D., Filipov, F., & Florea, A. M. (2023). Application of agri-food by-products in the food industry. Agriculture, 13, 1559.

[4] Rancoli, F., Lundie, M., Bolton, K., & Eriksson, M. (2017). Environmental impacts of waste management and valorisation pathways for food waste from a life cycle perspective. Waste Management, 59, 88-96.

ملخص

تزداد الحاجة عالمياً إلى حلول غذائية مستدامة وإدارة فعالة للنفايات، مما يجعل تثمين المنتجات الثانوية الزراعية والصناعية أمراً ضرورياً. فبقايا الصناعات الغذائية غنية بالمركبات النشطة المفيدة للصحة، لكنها غالباً تُهدر كنفايات عضوية، مما يشكل تحدياً بيئياً واقتصادياً .تهدف هذه الدراسة إلى تطوير منتج عضوي مدعم من التمور والبطاطا الحلوة منخفضي الجودة والموجهة أساساً للتخلص منها، حيث تم تحويل هذه المواد الخام إلى منتج مغذي وآمن باستخدام طرق معالجة بسيطة وصديقة للبيئة .أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية أن المنتج النهائي يتمتع بنسبة مناسبة من المادة الجافة (49.06%)، ودرجة حموضة ملائمة (6.1)، وصلابة مواد ذائبة (9.2° بريكس)، ومحتوى معدني مهم (4% رماد)، إضافة إلى السلامة الميكروبيولوجية وقبول المستهلك من حيث الطعم والقوام .تثبت النتائج إمكانية تحويل النفايات الزراعية إلى منتجات غذائية مبتكرة ومستدامة. ومن المستحسن أن تتناول الدراسات المستقبلية تقييم القدرات المضادة للأكسدة، محتوى الفيتامينات، واستقرار المنتج خلال فترة التخزين لتعزيز الفوائد الغذائية والبيئية في إطار الاقتصاد الدائري.

الكلمات المفتاحية :التثمين، المنتجات الثانوية، السلامة الغذائية، الابتكار، النفايات الغذائية الزراعية.

Résumé

La demande mondiale croissante pour des solutions alimentaires durables et une gestion efficace des déchets a rendu indispensable la valorisation des sous-produits agroalimentaires. Les résidus issus de l'industrie agroalimentaire sont riches en composés bioactifs bénéfiques pour la santé, mais sont souvent gaspillés en tant que déchets organiques, ce qui constitue un défi environnemental et économique. Cette étude vise à développer une compote biofortifié à base de dattes et de patates douces de qualité inférieure, initialement destinées à être éliminées, en transformant ces matières premières en un produit nutritif et sûr grâce à des procédés simples et respectueux de l'environnement. Les analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles ont montré que le produit final présente un taux adéquat de matière sèche (49,06 %), un pH adapté (6,1), un taux de solides solubles de 9,2 °Brix, ainsi qu'une teneur minérale intéressante (4 % de cendres). De plus, le produit est microbiologiquement sûr et bien accepté par les consommateurs en termes de goût et de texture. Ces résultats confirment la possibilité de valoriser les déchets agroalimentaires en produits alimentaires innovants et durables. Il est recommandé que les études futures explorent les capacités antioxydantes, le contenu en vitamines et la stabilité du produit pendant le stockage, afin d'améliorer les bénéfices nutritionnels et environnementaux dans une perspective d'économie circulaire.

Mots-clés : Déchets agroalimentaires, innovation, sécurité alimentaire, sous-produits, valorisation

Abstract

The increasing global demand for sustainable food solutions and effective waste management has made the valorization of agro-food by-products essential. Residues from the agro-food industry are rich in bioactive compounds beneficial to health but are often wasted as organic waste, posing environmental and economic challenges. This study aims to develop a biofortified product from low-quality dates and sweet potatoes, primarily destined for disposal, by transforming these raw materials into a nutritious and safe product using simple and eco-friendly processing methods. Physicochemical, microbiological, and sensory analyses showed that the final product has an appropriate dry matter content (49.06%), suitable pH (6.1), soluble solids content of 9.2 °Brix, and a significant mineral content (4% ash). Additionally, the product is microbiologically safe and well accepted by consumers in terms of taste and texture. The results demonstrate the feasibility of converting agro-food waste into innovative and sustainable food products. Future studies are recommended to evaluate antioxidant capacity, vitamin content, and product stability during storage to enhance nutritional and environmental benefits within a circular economy framework.

Keywords: Agro-food waste, by-products, food safety, innovation, valorization