

République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Spécialité : Microbiologie Appliquée



Réf :

Mémoire de fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
Master
Thème

**Mise au point d'un jus d'orange
probiotique**

Présenté par :

BETTA Abderrahmane et TAOUDIAT Yasmine

Soutenu le 24-06-2023

Devant le jury composé de :

Mr BARACHE Nacim	MCB	Promoteur
Mme BENDALI Farida	PR	Présidente
Mme OUARABI Liza	MAB	Examinatrice

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

*Tout d'abord, nous remercions **Dieu**, le Tout-Puissant, qui nous a donné le courage, la volonté et la patience durant toute la période des études et qui nous a donné la force pour dépasser toutes les difficultés et mener à bien le présent travail*

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadrant **Monsieur BARACHE Nacim**, pour son soutien constant, son expertise précieuse et ses conseils avisés tout au long de la réalisation de ce mémoire. Sa disponibilité et son dévouement ont été d'une aide inestimable dans la réussite de ce projet.*

*Nous tenons également à adresser nos plus chaleureux remerciements aux membres du jury, **Madame BENDALI F.** et **Madame OUARABI L.**, qui ont accepté de consacrer leur temps et leur expertise à l'évaluation de ce mémoire.*

*Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance à **l'équipe recherche et développement de Cevital** de Bejaia à sa tête **Monsieur HADJAL Samir** pour avoir ouvert ses portes et nous avoir offert l'opportunité de découvrir son environnement professionnel.*

*Un remerciement particulier va également au **personnel du laboratoire IDRES**. Leur gentillesse, leur soutien et leur patience ont grandement contribué à enrichir notre expérience durant ce stage. Leur expertise et leur disponibilité ont rendu notre travail au laboratoire à la fois productif et agréable.*

*Nous voudrions exprimer notre profonde gratitude envers **tous les professeurs et enseignants** qui ont partagé leurs connaissances tout au long de notre parcours académique.*

Enfin, notre reconnaissance va à toutes les personnes mentionnées précédemment, ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Dédicaces

À mes parents,

Malgré tous les défis, vous avez toujours cru en moi et vous avez tout sacrifié pour que je puisse atteindre ce jour. Vos sacrifices incessants, votre dévouement et votre soutien inconditionnel ont été les fondements de ma réussite. Votre confiance en moi a été mon moteur tout au long de ce parcours. Votre amour inconditionnel m'a donné la force de surmonter les obstacles et de me dépasser. Je vous dédie ce travail avec une immense gratitude. Vous êtes mes modèles, mes piliers et ma force. Je vous aime plus que les mots ne peuvent l'exprimer.

À mes frères, Hichem, Brahime, et Mohamed,

Je suis reconnaissant d'avoir des compagnons de vie aussi précieux. Cette dédicace est un témoignage de l'amour fraternel qui nous unit et de l'importance capitale que vous avez dans ma vie. Vous êtes bien plus que des frères pour moi, vous êtes mes complices, mes amis et mes plus grands soutiens. Merci d'être là et de partager ce lien indéfectible qui nous unit.

À mes amis,

Riwen, Abdellah, Nassim, Kamel, Yacine, Fahem et les deux Amine, je veux vous remercier du fond du cœur pour toutes les belles aventures que nous avons vécues ensemble. Notre amitié est un trésor précieux que je chéris profondément, merci de faire partie de ma vie.

À mon binôme Yasmine,

Je te remercie du fond du cœur pour ta fiabilité, ta diligence et ton engagement envers notre projet. Tu as toujours été là, prête à relever les défis, à partager tes connaissances et à trouver des solutions créatives. Je suis à la fois fier du résultat que nous avons accompli ensemble et reconnaissant d'avoir eu une partenaire aussi compétente et digne de confiance comme toi.

À toute l'équipe de promotion 2023 Microbiologie Appliquée, et toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, que vous ayez été des amis, des camarades, des membres de ma famille ou de simples connaissances.

Abderrahmane

À la mémoire de ma grand-mère et de mon grand-père, j'aurais aimé que vous soyez là en ce moment pour partager ma joie.

À mes parents,

Je dédie ce mémoire à mes parents, mes piliers de soutien tout au long de ce parcours académique. Votre amour inconditionnel, votre confiance et votre encouragement constant ont été essentiels pour me pousser à dépasser mes limites et atteindre mes objectifs. Votre dévouement et vos sacrifices ont été une source d'inspiration pour moi, et je vous suis reconnaissante d'être des modèles de persévérance et de détermination.

À mes chères petites sœurs,

Ilham, Wissam, Dounia. Votre soutien inébranlable, vos encouragements chaleureux et vos conseils précieux ont été d'une valeur inestimable pour moi.

À mes amis proches,

*Je tiens à remercier mes amis proches, ma chère **Namira**, ma chère **Lydia**, **Massinta**, **Cylia**, ainsi que toute l'équipe de la promotion 2023 Microbiologie Appliquée, qui a partagé ce voyage académique avec moi. À celui qui m'a aidé à traverser les moments difficiles et à célébrer les victoires, ta présence aimante, ton soutien constant et tes encouragements inébranlables ont été des éléments essentiels dans la réalisation de ce mémoire. Merci d'avoir partagé ce parcours avec moi, et merci d'être la personne extraordinaire que tu es.*

*À mon binôme **Abderrahmane**,*

Il est difficile de trouver les mots pour exprimer à quel point notre travail ensemble a été exceptionnel. Tu as été une force phénoménale tout au long de ce processus. Ton intelligence, ta créativité et ta persévérance ont été une source de motivation constante pour moi. Je suis tellement reconnaissante d'avoir eu la chance de travailler avec toi. Merci d'être mon partenaire de mémoire et surtout, je suis honorée d'appeler cela notre mémoire.

Yasmine

Liste d'abréviations

DPPH : 2,2-DiPhenil-1-PicrylHydrazyl

ISO : International Standardization Organization

JF : jus fermenté

JNF : jus non fermenté

L. : Lactobacilles

pH : Potentiel d'Hydrogène

rpm : Rotation par minute

RSA : radical scavenging activity

TSE : Tryptone Sel Eau

UFC : Unité formant colonie

USFDA : United States Food and Drug Administration

Liste des figures

Figure 1: Procédé de fabrication du pur jus d'orange et du concentré d'orange.....	5
Figure 2 : Schéma général de brunissement enzymatique.....	7
Figure 3: Flacons remplis avec du jus inoculé par la souche <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> F2	16
Figure 4 : Shéma de la préparation des dilutions décimales.....	16
Figure 5 : pH-mètre (sartorius) utilisé pour la mesure du pH	18
Figure 6 : Conductimètre (CRISON) utilisé pour mesurer la conductivité.....	18
Figure 7 : Titrage de l'acidité.....	19
Figure 8 : Réfractomètre (ATAGO) utilisé pour la mesure du degré Brix	20
Figure 9 : Sonicateur (UNIVERSAL ULTRASONIC CLEANER)	20
Figure 10 : Évolution du pH du jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70jours) à 4 °C	24
Figure 11 : Évolution de l'acidité (g/l) du jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C.....	25
Figure 12 : Suivi du taux des sucres totaux (%) dans le jus fermenté (JF) et le jus non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70jours) à 4 °C.....	27
Figure 13 : Suivi de la variation du degré Brix (%) du jus fermenté (JF) et du jus non fermenté (JNF) lors des 70 jours de stockage (70 jours) à 4 °C	28
Figure 14 : Évolution de la conductivité (μ /cm) du jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C.	30
Figure 15 : Évolution du pourcentage de piégeage deu radical DPPH (%) dans le jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C	31
Figure 16 : Suivi de l'évolution de la souche probiotique (log ufc/ml) dans le jus fermenté (JF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C	33

Liste des tableaux

Tableau I : Principales espèces utilisées comme probiotiques	12
Tableau II : Paramètres physico-chimiques vérifiés après la pasteurisation du jus	23
Tableau III : Évolution de l'extrait sec total du jus fermenté et le jus non fermenté pendant la période de stockage (70jours) à 4 °C.....	29

Listes des annexes

Annexe 1 : Milieux et réactifs

- Liqueur de Fehling A (solution cuivrique)
- Liqueur de Fehling B (solution tartro-sodique)
- Liqueur ferrique
- Solution titrée de MnO_4K
- Milieu MRS (deMan Rogosa Sharpe)
- Milieu PCA
- Milieu DG18
- Milieu Baird-Parker
- Milieu VRBG

Annexe 2 : Table de correspondance (Bertrand)

Sommaire

INTRODUCTION	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
I. Généralités sur les jus	3
II. Définition du jus de fruits.....	3
III. Types de jus	3
III.1. Les purs jus de fruits.....	3
III.2. Les nectars	3
III.3. Les jus à base de concentré de jus	4
III.4. Les jus fermentés	4
IV. Jus d'orange	4
IV.1. Intérêt nutritionnel du jus d'orange	4
IV.2. Procédés de fabrication du pur jus et du concentré d'orange	4
IV.3. Facteurs d'altération des jus	5
V. Aliments fonctionnels.....	8
VI. Les probiotiques	9
VI.1. Définition.....	9
VI.2. Mécanismes d'action des probiotiques.....	10
VI.3. Principales espèces utilisées comme probiotiques	11
MATERIEL ET METHODES	15
I. Lieu de stage	15
II. Préparation de jus probiotique.....	15
II.1. Production de jus d'orange reconstitué	15
II.2. Revivification de la souche.....	15
II.3. Préparation de l'inoculum de jus	15
II.4. Inoculation du jus d'orange	16
III. Analyses microbiologiques	16
III.1. Préparation des dilutions décimales	16

III.2.	Dénombrement des bactéries lactiques.....	17
III.3.	Dénombrement des levures et moisissures.....	17
III.4.	Dénombrement de la Flore Totale Mésophile (FTAM)	17
III.5.	Dénombrement des staphylocoques	17
III.6.	Dénombrement des entérobactéries	17
IV.	Analyses physico-chimiques	18
IV.1.	Mesure du pH	18
IV.2.	Mesure de la conductivité électrique	18
IV.3.	Détermination de l'acidité titrable.....	18
IV.4.	Détermination du degré de Brix	19
IV.5.	Activité antioxydante.....	20
IV.6.	Taux des sucres totaux	21
IV.7.	Détermination de l'extrait sec total)	22
	RESULTATS ET DISCUSSION.....	23
I.	Vérification du barème de pasteurisation.....	23
I.1.	Paramètres physico-chimiques	23
I.2.	Paramètres microbiologiques	23
II.	Analyse physico-chimique	24
II.1.	Évolution du pH et de l'acidité.....	24
II.2.	Taux des sucres totaux.....	26
II.3.	Évolution du degré Brix	27
II.4.	Extrait sec total	28
II.5.	Conductivité électrique.....	29
II.6.	Activité antioxydante.....	31
III.	L'analyse microbiologique	32
III.1.	Dénombrement de la FTAM.....	32
III.2.	Dénombrement des levures et moisissures.....	32
III.3.	Survie de la souche probiotique.....	33
III.4.	Dénombrement des staphylocoques	34
III.5.	Dénombrement des entérobactéries.....	35

CONCLUSION 36

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Introduction

L'engouement des consommateurs pour une alimentation saine a évolué en une passion ardente, stimulée par une préoccupation croissante pour leur bien-être personnel (**Amene et al., 2016**). Cette tendance a suscité un vif intérêt pour les aliments fonctionnels renfermant des composants bénéfiques tels que des antioxydants, des peptides bioactifs, des vitamines et minéraux, ainsi que des prébiotiques et des probiotiques (**Mantzourani et al., 2018**). Parmi ceux-ci, les aliments probiotiques se sont hissés au premier plan en tant que segment en croissance fulgurante sur la scène mondiale, représentant désormais 70 % de la part du marché des aliments fonctionnels (**Lillo-Pérez et al., 2021**).

Il est largement reconnu que la consommation des probiotiques exerce des effets bénéfiques notables dans la prévention de diverses affections (**Panagiotis et al., 2016**). Dans cette perspective, de nombreuses études ont mis en évidence les bienfaits des probiotiques pour réduire la pression artérielle et l'hypertension (**Khalesi et al., 2014**), améliorer le profil lipidique en réduisant le taux de cholestérol sanguin (**Jing et Buys 2015**), contribuer à la gestion du diabète (**Nikbakht et al., 2018**), réduire le risque de maladies dégénératives (**Rostami et al., 2018**), et atténuer les symptômes associés aux troubles gastro-intestinaux (**De Oliveira et al., 2021**).

Pendant longtemps et jusqu'à présent les produits laitiers ont été le principal vecteur des probiotiques, bénéficiant d'un environnement propice à leur culture. En effet, environ 78 % des ventes mondiales de probiotiques sont attribuables au marché des produits laitiers (**Panagiotis et al., 2016 ; Lillo-Pérez et al., 2021**). Cependant, ces produits laitiers probiotiques ne conviennent pas à tous les consommateurs, car environ 65 % de la population mondiale souffrent d'intolérance au lactose (**Mantzourani et al., 2018**), ainsi que d'autres troubles associés à la consommation de ces produits, tels que les allergies et l'hypersensibilité aux protéines laitières, et voire même la présence du cholestérol (**Lillo-Pérez et al., 2021**). Ces facteurs ont incité les professionnels de l'agro-alimentaire à se tourner vers des alternatives non laitières, telles que les céréales fermentées probiotiques, les substituts de lait comme le lait de soja et les jus de fruits et légumes (**Panagiotis et al., 2016 ; Lillo-Pérez et al., 2021**). Cette voie ouvre des perspectives prometteuses pour la création de boissons probiotiques naturelles à base de fruits, offrant une excellente alternative aux produits laitiers probiotiques conventionnels. Un tel scénario pourrait constituer une avancée bénéfique dans le domaine de la biotechnologie alimentaire (**Naeem et al., 2012**).

Contrairement aux produits laitiers, le maintien de la vitalité des probiotiques dans la matrice alimentaire des jus représente un défi plus complexe. Toutefois, une étude récente a

apporté des résultats prometteurs en démontrant que différentes souches probiotiques peuvent se développer et prospérer de manière stable dans les jus de fruits et de légumes (Szutowska, 2020). Cette avancée ouvre de nouveaux horizons quant à l'utilisation de ces jus comme matrice alimentaire adéquate, offrant ainsi une opportunité extraordinaire dans le domaine de la recherche et de l'innovation alimentaire.

C'est dans cette perspective, que notre projet de recherche s'inscrit parfaitement. Son objectif principal est d'explorer la production expérimentale de jus d'orange probiotique. Nous nous attacherons également à suivre de près la qualité physico-chimique et microbiologique de notre produit, notamment en surveillant les paramètres tels que le pH, le Brix, l'acidité, le taux des sucres totaux, l'activité antioxydante, l'extrait sec total et la conductivité. Cette approche globale nous permettra d'évaluer rigoureusement la composition et les caractéristiques du jus d'orange probiotique, jetant ainsi les bases d'une potentielle innovation dans le domaine des boissons fonctionnelles.

Après cette introduction, nous avons structuré ce travail en 2 parties :

Partie I : Partie bibliographique, qui donne un ensemble de connaissances sur le jus en général, le jus d'orange, les aliments fonctionnels, et les probiotiques ;

Partie II : Partie pratiques qui comporte :

Matériel et méthodes suivies dans le cadre de cette étude.

Résultats et discussions traitants les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques évalués lors de cette étude.

Nous terminons enfin par une conclusion et les perspectives envisagées.

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les jus

L'Homme a toujours été amateur de fruits dans beaucoup de civilisations, le fruit représentait une denrée rare, en raison de la durée trop restreinte de récolte, c'est pourquoi l'Homme ne tardera pas à trouver des procédés pour conserver ces fruits. Selon les types d'aliments et de climat des différentes méthodes de conservation ont été innovées, telles que la congélation, le séchage, et la fermentation (Salvucci et al., 2019).

II. Définition du jus de fruits

Le jus de fruit est le liquide non fermenté mais fermentescible obtenu à partir de la partie comestible de fruits sains, convenablement mûrs et frais ou de fruits maintenus en bon état par des moyens appropriés, y compris des traitements de surface après récolte appliqués conformément aux dispositions applicables de la norme générale du **Codex (CODEX STAN 247-2005)**. Cependant, dans le sens le plus général, le jus de fruit peut être défini comme un extrait ou un contenu fluide extractible de cellules ou de tissus obtenu en pressant mécaniquement le liquide naturel contenu dans les fruits mûrs sans utiliser de chaleur ou de solvant (Bhattacharjee et al., 2017).

III. Types de jus

Selon le mode de fabrication et la teneur en jus fruit dans les jus, on peut distinguer plusieurs types de boissons au jus (Braesco et al., 2013).

III.1. Les purs jus de fruits

Ils sont obtenus à partir de fruits sains et mûrs, frais ou conservés par le froid, d'une espèce ou de plusieurs espèces en mélange. Ils possèdent la couleur, l'arôme et le goût caractéristique des fruits dont ils proviennent. Ils sont obtenus par simple pression des fruits, suivie d'une pasteurisation (Braesco et al., 2013).

III.2. Les nectars

Le nectar de fruits est obtenu en ajoutant de l'eau avec ou sans addition de sucre et/ou d'édulcorants à des jus de fruits, de la purée de fruits ou à un mélange de ces produits, qu'ils soient à base de concentré ou non. La teneur en fruits minimale à respecter varie entre 25 et 50 %, en fonction de la variété du fruit (Braesco et al., 2013).

III.3. Les jus à base de concentré de jus

Les jus de fruits sont généralement concentrés par évaporation sous vide en plusieurs étapes afin de réduire les coûts de stockage et d'obtenir un temps de stabilité plus long (**Bhattacharjee et al., 2017**), le produit est reconstitué avec la même quantité d'eau que celle retirée lors de la concentration (**Braesco et al., 2013**).

III.4. Les jus fermentés

Les jus fermentés sont les jus obtenus par fermentation lactique, alcoolique, ou acétique, leur contenu en acide est très important, premièrement parce qu'il a un rôle décisif dans la préservation des produits finis et, d'autre part, parce qu'il est impliqué dans la qualité sensorielle de ces types de jus (**Buruleanu et Manea, 2006**).

IV. Le jus d'orange

Le jus d'orange est le jus de fruit le plus consommé dans le monde, contient un large éventail de micronutriments et de composés phytochimiques auxquels il a été attribué des effets préventifs contre l'apparition de plusieurs maladies non transmissibles, telles que les maladies cardio-métaboliques, les troubles neurologiques et certains types de cancer (**Kean et al., 2015; Maugeri et al., 2019; Rees et al., 2018; Rech et al., 2013**). L'orange est dotée de propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires, antioxydantes et anticancéreuses, et elle peut contribuer à réduire la pression artérielle ainsi qu'à traiter l'obésité (**M'hiri et al., 2017**).

IV.1. Intérêt nutritionnel du jus d'orange

L'orange, disponible pendant de nombreux mois (en particulier durant l'hiver), peut être considérée comme le fruit de base pour assurer un apport optimal en vitamine C, une orange moyenne permet de couvrir pratiquement l'apport quotidien recommandé. Elle fournit, par ailleurs, des quantités intéressantes de minéraux variés, notamment de calcium, facilement assimilable par l'organisme, de potassium et de magnésium ainsi que des fibres bien tolérées (**Dhuique-Mayer 2007**). Le jus d'orange est un produit complexe dont les propriétés physiques, chimiques et sensorielles diffèrent selon la matrice utilisée et les technologies de fabrication mises en œuvre (**Mehinagic et al., 2011**).

IV.2. Procédés de fabrication du pur jus et du concentré d'orange

La préparation des jus a été historiquement enregistrée comme l'une des premières formes d'agro-industrie. Au fil du temps, l'humanité a progressé en expérimentant de nouvelles

méthodes pratiques d'extraction de jus à partir de différentes sources, en apprenant de ses erreurs et en perfectionnant les techniques (Bates *et al.*, 2001). La figure ci-dessous résume de manière concise les grandes étapes de fabrication des jus et des jus à base de concentré (Galaverna et Dall'Asta 2014; Berlinet, 2006).

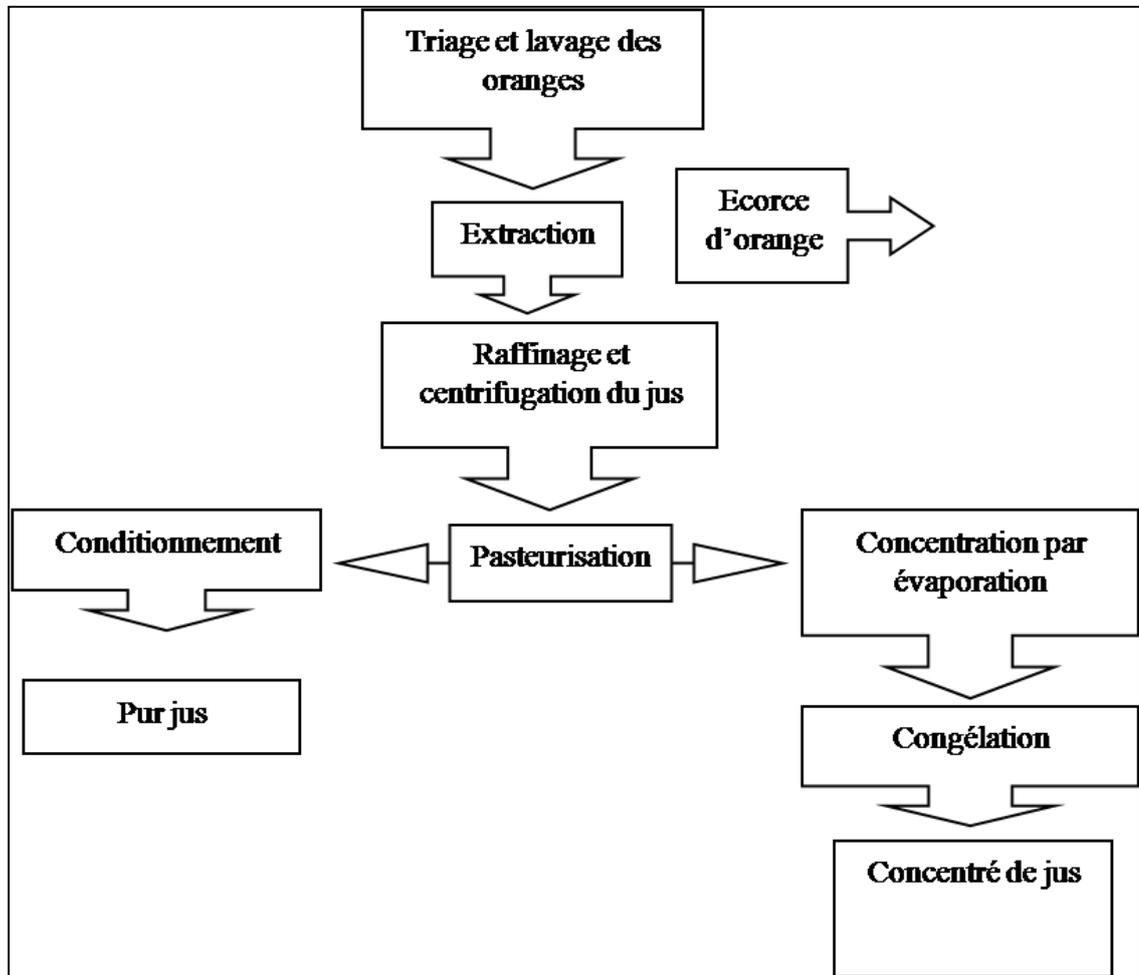


Figure 1: Procédé de fabrication du pur jus d'orange et du concentré d'orange (Galaverna et Dall'Asta 2014; Berlinet, 2006).

IV.3. Facteurs d'altération des jus

Les jus de fruits sont les plus susceptibles d'être altérés, car ils contiennent davantage de microorganismes en croissance et ne sont pas protégés par le dioxyde de carbone contrairement aux boissons gazeuses (Nonga *et al.*, 2014).

Ce phénomène d'altération a différentes conséquences telles que la libération de grandes quantités de diacétyle, la modification de couleur, un goût aigre ou alcoolisé, parfois un intense dégagement gazeux (dioxyde de carbone), odeur de moisi et dans le cas d'une fermentation il peut y avoir gonflement ou fuite au niveau des canettes ou des bouteilles (Aneja *et al.*, 2014).

Il faut souligner que pour satisfaire le consommateur, il est important que les jus de fruits conservent leurs caractéristiques organoleptiques pendant la période d'entreposage, car les altérations de texture, couleur ou goût peuvent probablement causer de sérieux problèmes pour le produit ainsi que pour le consommateur (Metlef, et al., 2022).

IV.3.1. Altération physique

Elle peut être issue de choc, changement d'état, variation de la teneur en eau, changement de couleur. Les boissons changent de couleur pendant le stockage c'est la réaction de brunissement non enzymatique (BNE) qui peut conduire à la formation de pigments bruns ou noirs, changements d'odeur favorables ou défavorables et à la perte de saveur et de valeur nutritive. Le BNE se manifeste lors des traitements technologiques ou de stockage de divers aliments dont les jus et nectars de fruits (Berlinet, 2006). La température et la durée de stockage sont en effet les facteurs les plus critiques conduisant à la dégradation de la vitamine C et aux modifications de la qualité nutritionnelle des jus (Berlinet, 2006). De plus, la lumière a une action décolorante qui se traduit, par un affaiblissement marqué de la teinte vive orange, au profit du jaune et parfois du blanc dans les jus d'orange (Dupaigne, 1962).

IV.3.2. Altération biochimique

➤ Dégradation de l'acide ascorbique

La vitamine C, ou l'acide ascorbique, est une vitamine hydrosoluble peut être naturelle ou artificielle. Sa dégradation dans le jus d'orange entraîne certains changements et une perte de qualité nutritionnelle, dont la présence de composés volatils odorants qui ont des impacts négatifs et la formation de composés bruns qui provoquent des changements de couleur (Berlinet 2006).

➤ Transformation des composés phénoliques en polymères colorés

La transformation des composés phénoliques en polymères colorés (le plus souvent en brun ou ils noircissent) se fait par l'intermédiaire de système spécifique sous l'action de la polyphénol oxydase (Ppo). Ces réactions appelées réactions de brunissement enzymatique entraînent des changements d'apparence, la saveur et la qualité nutritionnelle des produits. Les pigments formés par le BE sont appelés mélanines. Leur couleur est brune ou noire, mais il existe de divers intermédiaires de couleur rose, rouge, bleu-noir (Boeckel et al., 2003). La figure ci-dessous présente l'ensemble de ces réactions.

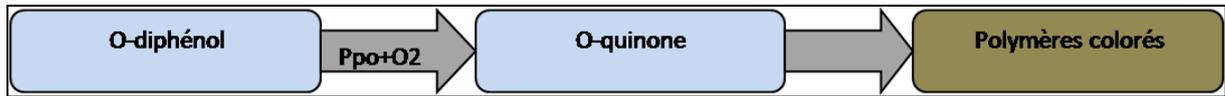


Figure 2 : Schéma général du brunissement enzymatique (Boeckel et *al.*, 2003)

IV.3.3. Altération microbienne

La qualité microbienne est très importante dans les aliments car les bactéries, les champignons, les virus et les protozoaires sont des agents pathogènes humains potentiels connus pour causer des maladies d'origine alimentaire, tandis que d'autres microorganismes peuvent causer la détérioration des aliments. La plupart des jus de fruits contiennent suffisamment de nutriments ce qui constitue un avantage pour la croissance microbienne (Ndife, 2013). Plusieurs facteurs peuvent favoriser, prévenir ou limiter la croissance des microorganismes dans les jus, les plus importants étant l'acidité, les pratiques d'hygiène, la température de conservation (Esteve et *al.*, 2005).

L'acidité est un paramètre qui permet de préserver la qualité microbiologique des boissons et également prolonger leur durée de conservation. Elle influe aussi sur la sensation gustative chez le consommateur, en conférant des différents acides, qui jouent le rôle de conservateur par l'abaissement du pH. Cependant, cette acidité peut provoquer une altération du produit par la sélection des microorganismes acidophiles tels que les levures, les moisissures, les bactéries lactiques et acétiques (Metlef et *al.*, 2022).

La fermentation des sucres est la principale réaction qui peut provoquer l'altération des jus par les levures. La croissance des levures s'accompagne généralement de la formation de dioxyde de carbone, d'alcool et d'un aspect mousseux, ce qui provoque le gonflement et même l'explosion de l'emballage du produit. En outre les produits développent une odeur et un goût alcoolique et fermentaire qui rendent le jus inacceptable par le consommateur (Blackburn, 2006). La présence des levures pathogènes en petite quantité en particulier *Candida albicans* peut causer plusieurs maladies et infections telles que le muguet (infection des muqueuses de la bouche) (Rambaud et *al.*, 2004).

Par ailleurs, les moisissures sont aérobies et peuvent se développer aussi à un pH faible et à une concentration élevée en sucre. En effet, certaines souches sont nuisibles et interviennent dans l'altération des produits alimentaires tels que les jus ainsi que dans la production des mycotoxines (Aneja et *al.*, 2014). La présence indésirable des moisissures peut modifier l'aspect du jus en raison de la production de pigments foncés et peut donner des odeurs de moisis et des changements au niveau de la qualité organoleptique. Elles se manifestent par la

production des tapis mycéliens dans le jus et adhèrent à l'intérieur de l'emballage, aux joints des cartons et à d'autres matériaux et produisent des moisissures et de rassis (**Rambaud et al., 2004**). Les moisissures les plus incriminées dans la détérioration des jus de fruits appartiennent aux espèces : *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Botrytis* et *Aureobasidium pullulans* (**Sperber et Doyle 2009**).

D'autre part, les moisissures thermorésistantes peuvent être présentes dans les jus et produire des mycotoxines persistantes dans le jus, ce qui peut être dû à l'inefficacité des procédés thermiques insuffisants pour les détruire (**Gauthier 2016**). Actuellement parmi les mycotoxines identifiées, une trentaine ont un réel impact sur la santé humaine en raison de leur fréquence ou de leur toxicité (**Bennett et Klich, 2003**).

Concernant les bactéries, les surfaces des fruits peuvent être colonisées par des bactéries pathogènes et d'altérations tolérantes aux différents stress (**Aneja et al., 2014**). En effet, Les bactéries lactiques hétérofermentaires et les bactéries acétiques et quelques espèces telles que *Erwinia sp*, *Enterobacter sp*, *Clostridium*, *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Propionibacterium cyclohexanicum*, *Pseudomonas sp*, et *Bacillus sp. etc.* ont été signalées comme bactéries qui altèrent les jus de fruits (**Raybaudi et al., 2009**). S'ajoute les lactobacilles et les leuconostokes fréquemment isolés des fruits et des jus de fruits altérés (**Roberts et al., 2005**).

Certaines espèces de bactéries lactiques telles que *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris*, *Leuconostoc paramesenteroides* et *Leuconostoc dextranicum* par la production des métabolites comme le diacétyle et de l'acétoïne dans les jus de fruits avariés, ce qui se traduit par un goût de beurre ou de lait aux jus d'agrumes (**Chairman et al., 2005**).

Cependant, la présence des bactéries pathogènes à l'image de *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Salmonella* dans ce type de produit constitue un risque de maladies d'origine alimentaire telles que les douleurs abdominales, diarrhée, fièvre, hypotension artérielle, vomissements et autres symptômes gastro-intestinaux (**Jacob et al., 2010 ; Mousavi et al., 2020**).

V. Aliments fonctionnels

De nos jours, on recherche dans notre alimentation non seulement le plaisir gustatif, mais également des bienfaits pour notre santé et notre bien-être. C'est pourquoi, récemment, les aliments dits "fonctionnels" ont commencé à faire leur entrée dans l'industrie alimentaire à l'échelle mondiale (**Saher et al., 2004**). Un aliment fonctionnel peut être un aliment naturel ou

auquel un composant a été ajouté, un aliment au sein duquel la concentration d'un composant a été augmentée ou duquel on a retiré un composant potentiellement délétère, un aliment au sein duquel un ou plusieurs composants ont été modifiés ou toutes combinaisons de ce qui précède (**B, Véronique, et Nathalie 2008**).

Les aliments fonctionnels comprennent les aliments probiotiques qui peuvent être trouvés dans plusieurs types d'aliments, tels que les produits laitiers fermentés qui aident à maintenir une flore intestinale saine (**Calmettes, 2020**). En effet, pendant plusieurs décennies, le marché des probiotiques a majoritairement utilisé les produits laitiers fermentés tels que le yaourt, le kéfir et le fromage. Jusqu'au jour où des matrices végétales ont été proposées comme vecteurs potentiels pour les probiotiques (**Panagiotis et al., 2016 ; Panghal et al., 2017**), pour cela plusieurs boissons tels que le thé, les jus de fruits, et les boissons ont été fermentées afin de remplacer les boissons à base du lait (**Amorim et al., 2018 ; Pereira et al., 2018**).

VI. Les probiotiques

Depuis longtemps, l'Homme consomme des probiotiques sans même s'en rendre compte. En effet, ils se trouvent naturellement dans divers aliments tels que la bière, les laits fermentés, la choucroute, etc. Cependant, avec une meilleure connaissance de leur importance et de leurs bienfaits, les probiotiques sont maintenant disponibles dans une variété de produits alimentaires et sont même commercialisés sous forme de compléments alimentaires spécifiques appelés probiotiques (**Poli, 2020**).

VI.1. Définition

Le terme 'probiotique' issu des termes grecs (pros : pour) et (bios : vie) (**Faure et al., 2013**), a fait l'objet de diverses définitions qui ont évolué au fil des connaissances scientifiques et des progrès technologiques, pour enfin être défini selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et la FAO (The Food and Agriculture Organization) comme des bactéries ou des levures vivantes qui ont des bienfaits pour la santé une fois ingérées avec une charge adéquate par l'hôte (**Panagiotis et al., 2016**), les souches dites probiotiques doivent avoir le statut GRAS (Generally Regarded As Safe), et également dotées de capacités biotechnologiques, dont celle de garder leur viabilité pendant les processus de fabrication, de conditionnement et de stockage des aliments fermentés (**Prado et al., 2008**).

VI.2. Mécanismes d'action des probiotiques

Les microorganismes une fois dans l'organisme de l'hôte exercent des différents effets bénéfiques, ces derniers diffèrent selon les souches, et sont liés à la présence de la souche, à son interaction avec la flore indigène ou au système immunitaire. Les probiotiques possèdent divers mécanismes d'action sur l'hôte ou la flore pathogène (**Khalighi et al., 2016**).

VI.2.1. Production de substances antimicrobiennes

Les probiotiques sont capables de produire une variété de substances ayant des propriétés antimicrobiennes, telles que des enzymes, des acides organiques, du peroxyde d'hydrogène et des bactériocines, qui aident à réduire la charge des pathogènes en modifiant leurs capacités métaboliques ou leur capacité de production de toxines (**Liao et Nyachoti, 2017**).

VI.2.2. Stimulation de l'immunité

Les probiotiques ingérés traversent l'intestin et font face à une barrière épithéliale qui les sépare du système immunitaire local. Cependant, ils parviennent à interagir avec les cellules de la lamina propria de deux manières différentes : indirectement en signalant aux entérocytes via des cytokines, ou par contact direct s'ils traversent la barrière épithéliale et pénètrent dans la lamina propria et les ganglions lymphatiques mésentériques. Les probiotiques peuvent également libérer des métabolites dans la lumière intestinale, où ils seront absorbés par les cellules épithéliales intestinales (**Boclé et Carole, 2005**). L'effet immunostimulant des probiotiques touche à la fois l'immunité innée et l'immunité adaptative (**Calmettes, 2020**).

VI.2.3. Effet antioxydant

Les mécanismes sous-jacents à l'activité antioxydante des probiotiques ne sont pas entièrement compris. Cependant, il a été proposé que les Lactobacilles exercent des effets antioxydants par : chélation des ions métalliques, avec leurs propres antioxydants, production de métabolites antioxydants, augmentation de l'activité antioxydante de l'hôte, modulation des voies de signalisation, réduction de l'activité enzymatique génératrice de ROS (Reactive Oxygen Species) et modulation du microbiote intestinal (**Amaretti et al., 2013; Wang et al., 2017; Wang et al., 2020**).

VI.2.4. Effet hypocholestérolémiant

Plusieurs recherches ont démontré que la prise régulière de probiotiques peut réguler le métabolisme des lipides et réduire les niveaux de cholestérol. Les effets

hypocholestérolémiant de la consommation de lait fermenté par *Lactobacillus acidophilus* ont été signalés pour la première fois par Mann et Spoerry en 1974, après avoir observé les membres de la tribu Maasai (Reis et al., 2017).

- **Probiotiques et la bio-conservation**

La contamination microbienne et la détérioration des denrées alimentaires constituent un problème incontrôlé : même s'il existe des moyens de conservation plus fiables et adéquats. Pour résoudre ce problème tout en satisfaisant les consommateurs qui refusent de consommer des aliments contenant des conservateurs chimiques, les fabricants des produits alimentaires se tournent de plus en plus vers des techniques de conservation plus douces qui donnent aux aliments un aspect plus naturel et une meilleure qualité nutritionnelle. Ces techniques sont basées sur l'activité antimicrobienne naturelle des bactéries lactiques, généralement considérées comme des microorganismes sûrs, de statut GRAS qui les rendent des cultures protectrices contre les microorganismes indésirables et pathogènes tout en préservant la qualité sanitaire et sans modifier les propriétés organoleptiques du produit alimentaire (Privat et Thonart, 2011).

VI.3. Principales espèces utilisées comme probiotiques

Les principales espèces utilisées comme probiotiques comprennent des bactéries lactiques, des bactéries non lactiques, ainsi que des levures. Ces microorganismes sont naturellement présents ou ajoutés dans les aliments, mais ils peuvent également être consommés sous forme de compléments alimentaires (Parker et al., 2018 ; Settachaimongkon et al., 2014). Le tableau I présente un résumé des espèces les plus utilisées comme probiotiques (Faure et al. 2013).

Tableau I : Principales espèces utilisées comme probiotiques (Faure et al. 2013).

Groupe	Bactéries lactiques			Bactéries non lactiques	Levures
	Les lactobacilles	Les bifidobactéries	Autres		
Espèce	<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentes</i>	Enterococcus	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Saccharomyces</i>
	<i>L. brevis</i>	<i>B. animalis</i>	<i>faecium</i>	<i>Bacillus</i>	<i>boulardii</i>
	<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Enterococcus</i>	<i>subtilis</i>	<i>Saccharomyces</i>
	<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>faecalis</i>	<i>Eshcherishia</i>	<i>cerevisiae</i>
	<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Streptococcus</i>	<i>coli Nissle</i>	
	<i>L. lactis</i>	<i>B. lactis</i>	<i>lactis</i>	1917	
	<i>L. paracasei</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus</i>		
	<i>L. salivarius</i>		<i>thermophilus</i>		
	<i>L. plantarum</i>		<i>Lactococcus</i>		
			<i>lactis</i>		

VI.3.1. Les lactobacilles

Les lactobacilles sont ubiquitaires on les retrouve dans les aliments et l'environnement, ils appartiennent au microbiote normal chez l'Homme (dans la flore buccale, intestinale et vaginale). Ce sont des bactéries lactiques en forme de bâtonnets, isolées, groupées en paires ou en chaînette, immobiles, catalase négative et ont un métabolisme hétérofermentaire facultatif (Succi et al., 2005). Les souches de ce groupe bactérien sont caractérisées par leur résistance aux pH acides, aux sels biliaires et ils ont des besoins nutritionnels complexes en termes d'acides aminés, peptides, vitamines, sels, acides gras ou les esters d'acides gras et d'hydrates de carbone fermentescibles (Zheng et al., 2020).

La famille des *Lactobacillaceae* est la seule famille dans les *Lactobacillales* qui inclut des microorganismes homofermentaires et hétérofermentaires. D'après la nouvelle classification de Zheng et al., (2020), les lactobacilles homofermentaires contiennent les genres *Lactobacillus* ; *Amylolactobacillus* ; *Holzapfelia* ; *Bombilactobacillus* ; *Companilactobacillus* ; *Lapidilactobacillus* ; *Agrilactobacillus* ; *Schleiferilactobacillus* ; *Lacticaseibacillus* ; *Paralactobacillus* ; *Latilactobacillus* ; *Loigolactobacillus* ; *Dellaglioia* ; *Liquorilactobacillus* ; *Ligilactobacillus* ; *Lactiplantibacillus*.

Pour les lactobacilles hétérofermentaires, elles contiennent les genres *Furfurilactobacillus* ; *Paucilactobacillus* ; *Limosilactobacillus* ; *Secundilactobacillus* ; *Levilactobacillus* ; *Fructilactobacillus* ; *Acetilactobacillus* ; *Apilactobacillus* ; *Lentilactobacillus* ; *Lapidilactobacillus* ; *Lacticaseibacillus* ; *Loigolactobacillus* ; *Lactiplantibacillus* ; *Levilactobacillus*.

VI.3.2. *Lactiplantibacillus plantarum*

Lactiplantibacillus plantarum est caractérisée par sa tolérance aux acides, à faible teneur en G+C, ayant de nombreuses applications en industrie alimentaire contribue ainsi à la conservation, la saveur et la texture des aliments fermentés. En tant qu'espèce parmi les bactéries lactiques, elle a besoin d'un hydrate de carbone fermentescible comme source d'énergie, et produit de l'acide lactique comme principal produit final. Son adaptation remarquable à différentes niches écologiques reflète sa capacité à fermenter une large gamme d'hydrates de carbone, y compris les monosaccharides, les disaccharides et polysaccharides. En outre elle peut fermenter les sucres pour produire des acides organiques, tels que l'acide acétique et l'acide lactique, de l'éthanol ou du dioxyde de carbone en tant que métabolites principaux dans des conditions spécifiques (Amro et al., 2018).

Cette bactérie est largement reconnue pour son double rôle en tant qu'habitant indigène de l'intestin humain et pour sa longue histoire d'utilisation dans la fermentation alimentaire, ainsi que comme probiotique bénéfique pour la santé (Vries et al., 2006). Deux sous-espèces sont reconnues : *Lactiplantibacillus plantarum* ssp. *plantarum* et *Lactiplantibacillus plantarum* ssp. *argentoratensis*.

➤ **Utilisation comme probiotique**

Elle est bénéficiée de QSP (Qualified Presumption of Safety) de l'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) et le statut généralement reconnu comme sûr (GRAS) par la Food and Drug Administration (US FDA). Il a un historique documenté d'utilisation alimentaire. En raison de ces conditions, *Lactiplantibacillus plantarum* a fait l'objet d'une grande attention pour ses caractéristiques de sécurité et de dévoiler ses attributs probiotiques (Ait Seddik et al., 2017).

Lactiplantibacillus plantarum produit des substances antibactériennes de type bactériocine appelées plantaricines, appartenant aux bactériocines de la classe II, le peroxyde d'hydrogène, les acides (principalement l'acide lactique et l'acide acétique), cette dernière ayant une large

gamme d'agents bactériens, qui peuvent tolérer un pH de 3,5 (Taale *et al.*, 2016 ; Evanovich *et al.*, 2019). De plus, cette bactérie peut atteindre le tube digestif humain vivante et présente une activité inhibitrice contre les bactéries pathogènes. Elle est très utilisée pour la préparation des boissons probiotiques (Primurdia et Kusnadi, 2014). Les probiotiques oraux aident dans la prévention ou le traitement de la gastro-entérite, la diarrhée causée par les antibiotiques, diarrhée des voyageurs, la constipation et les infections intestinales. De plus, ils inhibent la colonisation de l'intestin de l'hôte par des bactéries pathogènes et avoir des effets préventifs contre les maladies liées à l'intestin telles que le syndrome du côlon irritable et les maladies inflammatoires intestinales et le cancer du côlon (Gamage *et al.*, 2016).

➤ ***Lactiplantibacillus plantarum* dans les jus**

Cette souche une fois dans le jus peut améliorer la qualité des jus fermentés en développant certaines caractéristiques organoleptiques, amélioration de l'activité antioxydante et en prolongeant sa durée de conservation. Elle participe aussi à l'inhibition de certains microorganismes pathogènes, en produisant une variété de métabolites ayant une activité antibactérienne (Bartkiene *et al.*, 2018).

Matériel
et
méthodes

I. Lieu de stage

Ce travail a été réalisé en partie au niveau de l'unité « Tchina » d'ELKSEUR et au laboratoire d'analyse des produits agro-alimentaire « IDRES » ainsi qu'au laboratoire de microbiologie appliquée (LMA, Université de Bejaïa).

II. Préparation de jus probiotique

Différents essais de mise au point d'un jus de fruits probiotiques ont été réalisés en utilisant la souche probiotique *Lactiplantibacillus plantarum*F2 (Barache et al., 2020), qui appartient à la collection microbienne de laboratoire Microbiologie Appliquée (LMA, Université de Bejaïa), cette souche est incorporée dans un jus d'orange préparé au niveau de l'unité Tchina.

II.1. Production de jus d'orange reconstitué

Selon la recette de jus d'orange Tchina commercialisé, une dose de concentré de jus préparé (contenant de sucres, acide ascorbique, stabilisant tels que la pectine, beta carotène pour la couleur, sucres, arômes...) a été diluée avec trois quarts d'eau et ensuite répartie dans des flacons de 100 ml et 90 ml en pesant 104,4 g pour les flacons de 100 ml et 91,32 g pour les flacons de 90 ml (par rapport aux Brix et la densité du jus préparé). Ce jus ne contient ni des conservateurs chimiques ni de l'acide citrique ajoutés. En suite une pasteurisation à 95 °C pendant 20 min à été appliquée pour vérifier les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du jus.

II.2. Revivification de la souche

La souche de *Lactiplantibacillus plantarum*F2 qui a été précédemment conservée à -80 °C dans un bouillon MRS contenant 20 % de glycérol a été revivifiée par ensemencement bouillon/bouillon dans 9 ml de bouillon MRS et incubée à 37 °C pendant 24h. Ensuite, elle a été ensemencée en stries sur gélose MRS dans des boites Pétri, puis incubées à 37 °C pendant 48h en anaérobiose. Après incubation, dans des falcons de 15 ml, 5 colonies identiques ont été ensemencées dans 10 ml de bouillon MRS et incubées pendant 18h à 37 °C pour obtenir à la fin une charge de 10^9 UFC/ml (Chen et al., 2019).

II.3. Préparation de l'inoculum de jus

Une centrifugation des falcons a été réalisée pendant 20min à 4 °C. Le culot a été récupéré et lavé par une solution de TSE stérile par une centrifugation tandis que le surnageant a été

débarrassé. Après l'élimination du TSE, le culot a été resuspendu dans 9ml de jus d'orange préparé et pasteurisé auparavant, comme le montre la figure 3.

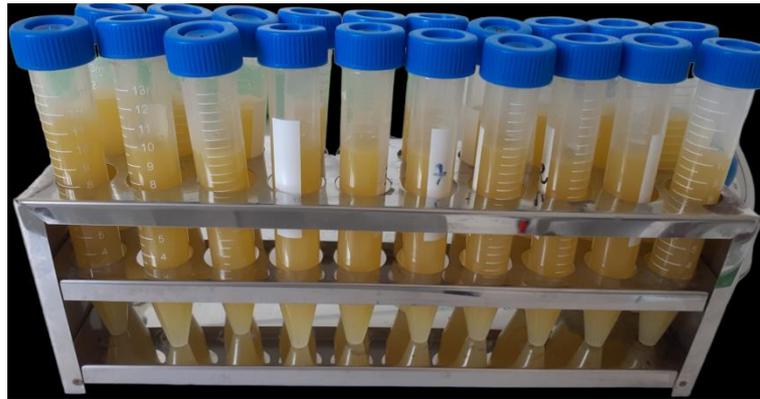


Figure 3: Falcons remplis avec du jus inoculé par la souche *Lactiplantibacillus plantarum*F2

II.4. Inoculation de jus d'orange

Dans le but de la réalisation d'une fermentation stoppée par réfrigération, le contenu des falcons inoculés avec la souche *Lactiplantibacillus plantarum* a été ajouté aux flacons de 90 ml de jus d'orange pasteurisé. Ensuite, une incubation à 37 °C pendant 6 heures a été effectuée, suivie d'un stockage à 4 °C. Pour les flacons de 100 ml n'ont pas été inoculés par la souche mais ils sont incubés et stockés dans les mêmes conditions.

III. Analyses microbiologiques

III.1. Préparation des dilutions décimales

À partir des flacons de jus préparés (fermenté ou non fermenté) considérés comme solution mère (SM), 1 ml de jus a été ajouté et homogénéisé dans 9 ml de la solution TSE. À partir de cette solution des dilutions décimales ont été réalisées de 10^{-1} jusqu'à 10^{-8} suivant le protocole schématisé dans la figure 4.

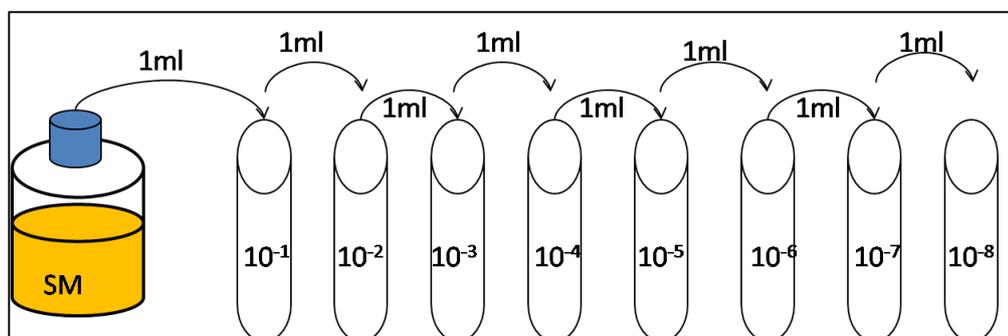


Figure 4 : Schéma de préparation des dilutions décimales

III.2. Dénombrement des bactéries lactiques (ISO 15214:1998)

1 ml de chaque dilution allant de la dilution 10^{-5} à 10^{-8} a été ensemencé en masse sur gélose MRS à raison de deux boîtes par dilution. L'incubation a été effectuée à 37 °C pendant 48h.

En utilisant la formule de dénombrements suivante :

$$N = \frac{\Sigma \text{ de colonies}}{V(n1 + 0,1n2) \times d1}$$

N : nombre d'UFC par ml de produit initial.

Σ colonies : sommes des colonies des boîtes interprétables.

V : volume de la solution (1 ml).

n1 : nombre de boîtes considérées à la première dilution retenue.

n2 : nombre de boîtes considérées à la seconde dilution retenue.

d1 : facteur de la première dilution retenue (dilution à partir de laquelle le premier dénombrement est obtenu).

III.3. Dénombrement des levures et moisissures (ISO 7954:1987)

Le dénombrement des levures et des moisissures est effectué sur gélose DG18. À partir de jus (fermenté ou non fermenté), 1 ml de la SM et la dilution 10^{-2} sont ensemencés en masse sur la gélose DG 18 à raison de deux boîtes par dilution. L'incubation a été faite à 22 °C pendant 5 jours.

III.4. Dénombrement de la Flore Totale Mésophile (FTAM) (ISO 4833:1991)

1 ml de la SM et de la dilution 10^{-2} ont été ensemencés en masse sur gélose PCA raison de deux boîtes par dilution. L'incubation est réalisée à 30 °C pendant 72h.

III.5. Dénombrement des staphylocoques (JORA 2014)

1 ml de la SM et de la dilution 10^{-2} ont été ensemencés en surface sur gélose Baird-Parker à raison de deux boîtes par dilutions. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24h.

III.6. Dénombrement des entérobactéries (ISO 7402:1993)

1 ml de la SM et de la dilution 10^{-2} ont été ensemencés sur gélose VRBG à raison de deux boîtes par dilution. L'incubation est faite à 30 °C pendant 24h.

IV. Analyses physico-chimiques

IV.1. Mesure du pH (AFNOR, 1986)

À l'aide d'un pH-mètre « marque sartorius de l'Allemagne », le potentiel d'Hydrogène est mesuré en introduisant l'électrode préalablement étalonné et rincé avec l'eau distillée dans l'échantillon de jus (fermenté et non fermenté à 20 °C). La valeur de pH est affichée directement sur l'écran de l'appareil.



Figure 5 : pH-mètre (sartorius de l'Allemagne) utilisé pour la mesure du pH

IV.2. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique du jus est déterminée selon la méthode de **Zou et Jiang (2016)**. L'électrode du conductimètre (CRISON de l'Espagne) est plongée dans un bécher contenant 30 ml d'échantillon, la lecture s'est faite directement sur l'afficheur du conductimètre à 20°C.

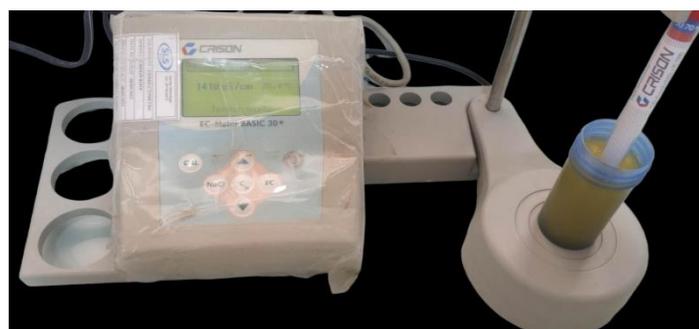


Figure 6 : conductimètre (CRISON de l'Espagne) utilisé pour mesurer la conductivité

IV.3. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR, 1986)

Consiste à un titrage de l'acidité (acide lactique pour le jus fermenté et acide citrique pour le jus non fermenté), avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1N, en présence de Phénolphthaléine comme indicateur coloré. Dans un erlenmeyer, 20 ml de jus ont été prélevés.

En agitant, quelques gouttes de Phénolphtaléine ont été ajoutées. Ensuite, à l'aide d'une burette graduée, une solution de NaOH a été versée jusqu'à ce qu'une coloration rose persistante soit obtenue.



Figure 7 : Titrage de l'acidité

➤ **Calcul de l'acidité titrable**

$$\text{Jus fermenté : taux d'acidité (g/l)} = \frac{\text{Cb} \times \text{N} \times \text{F} \times \text{masse équivalente d'acide lactique}}{\text{Pe}}$$

$$\text{Jus non fermenté : taux d'acidité (g/l)} = \frac{\text{Cb} \times \text{N} \times \text{F} \times \text{masse équivalente d'acide citrique}}{\text{Pe}}$$

Cb : chute de burette en NaOH (ml)

N : 0,1 (mol/l)

F : facteur de dilution

Pe : prise d'essai (ml)

Masse équivalente d'acide lactique : 90,08 (g/mol)

Masse équivalente d'acide citrique : 64,04 (g/mol)

IV.4. Détermination du degré de Brix (AFNOR, 1986)

Le taux de solides solubles (TSS), exprimé en degré Brix, indice réfractométrique, le pourcentage de matières sèches solubles, est déterminé à l'aide d'un réfractomètre. Une goutte de jus a été déposée sur la lentille du réfractomètre à poche (ATAGO) préalablement nettoyée avec l'eau distillée et séchée pour en évaluer la quantité de matières en suspension. La valeur de l'extrait sec réfractométrique a été affichée sur l'écran de l'appareil.



Figure 8 : Réfractomètre (ATAGO de la Chine) utilisé pour la mesure du Brix

IV.5. Activité antioxydante

IV.5.1. Préparation de l'extrait de jus

Pour préparer les extraits de jus, un mélange de jus et du méthanol (1/2) a été réalisé, puis soumis à une sonication dans un sonicateur (UNIVERSAL ULTRASONIC CLEANER) pendant 30 min à une température de 40 °C. Ensuite, une centrifugation a été réalisée afin de séparer le surnageant et le culot. Le surnageant a été récupéré ensuite filtré à travers des filtres hydrophiles de 0,45 micromètres, pour l'utiliser comme extrait afin de déterminer l'activité de piégeage des radicaux DPPH (Li *et al.*, 2019).



Figure 9 : Sonicateur (UNIVERSAL ULTRASONIC CLEANER)

IV.5.2. Piégeage du radical DPPH

En suivant la méthode développée par Li *et al.* (2019). Un mélange de 1 ml d'extrait de jus préparé auparavant avec 2 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,045 mg/ml) a été préparé. Après avoir laissé le mélange dans l'obscurité pendant 30 minutes, l'absorbance a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre ultraviolet. La capacité de piégeage des

radicaux (RSA) a été calculée en tant que pourcentage d'inhibition du DPPH en utilisant la formule suivante :

$$\text{DPPH RSA (\%)} = \frac{A_0 - A_s}{A_0} \times 100$$

A_0 : l'absorbance de la solution de radicaux DPPH sans échantillon

A_s : l'absorbance de l'échantillon

IV.6. Dosage des sucres totaux (Hanover, 1964)

➤ L'hydrolyse

Dans une fiole, 11 ml de chaque échantillon a été mélangé avec 10 ml de HCl, et laissé 45 min dans un bain Marie. Ensuite les solutions ont été neutralisées avec une solution saturée de carbonate de sodium jusqu'à l'arrêt d'effervescence.

➤ Préparations des dilutions

La première dilution consiste à verser la suspension précédente de chaque échantillon dans une fiole de 100 ml. De l'eau distillée a ensuite été ajoutée jusqu'à ce que le volume total atteigne 100 ml. Le mélange résultant est ensuite transféré dans des flacons appropriés. Pour la seconde dilution, prélever 11 ml de la solution contenue dans les flacons et verser dans une fiole de 50 ml. Ensuite, de l'eau distillée est ajoutée jusqu'à atteindre 50 ml. Le contenu du flacon est ensuite transféré dans un flacon adapté.

➤ Méthode de Bertrand

La méthode consiste à prendre des béchers préalablement lavés avec l'acide sulfurique puis avec de l'eau distillée, on met 20 ml de la liqueur Fehling A, et 20 ml de la liqueur B, et 11 ml de chaque échantillon de la 2^{ème} dilution et ajuster avec l'eau distillée jusqu'à atteindre le volume de 60 ml, puis laisser à ébullition pendant 3 minutes. Ensuite on incline les béchers pour obtenir des précipités rouges. Puis faire des lavages avec l'eau distillée chaude en débarrassant le surnageant bleu et en filtrant sur un verre feuilleté pour sauvegarder le précipité rouge qui a été lavé avec 30 ml de la solution ferrique.

À la fin on titre avec la solution KMnO_4 jusqu'à l'apparition du virage de couleur rose. Pour le calcul, on utilise la formule suivante :

$$\text{teneur en sucres (\%)} = \frac{\text{ctb} \times 100 \times 50}{\text{Pe} \times 11 \times 11 \times 10}$$

Ctb : chiffre correspondant à la chute burette de la solution de permanganate de potassium dans la table de Bertrand

Pe : prise d'essai (11 ml)

IV.7. Détermination d'extrait sec total (ISO 6734:1989)

Cette méthode consiste à mettre des verres de montre dans l'étuve à 105 °C jusqu'à qu'ils soient secs, puis les récupérer et les mettre directement dans un dessiccateur pour se débarrasser de l'humidité. Ensuite les verres ont été pesés vide, après l'ajout de 2g de jus on les remet dans l'étuve pendant 1 heure pour séchage. Enfin, ils ont été pesés une autre fois après séchage et on calcule en suivant la formule suivante :

$$\text{extrait sec total (\%)} = \frac{(\text{poids des verres après séchage} - \text{poids des verres vides})}{\text{prise d'essai}} \times 100$$

Résultats
et
discussion

La vérification du barème de pasteurisation a été effectuée pour garantir que le processus était conforme aux normes requises. Par la suite un suivi continu de l'évolution microbiologique et physicochimique a été réalisé dans le but d'évaluer la stabilité du produit et d'étudier l'effet de l'incorporation de la souche *Lactiplantibacillus plantarum*F2 sur la qualité du jus d'orange pendant sa période de conservation, en comparaison avec un jus d'orange témoin non inoculé. Tout au long des 70 jours de stockage à une température constante de 4 °C, des évaluations régulières ont été effectuées pour recueillir des informations complètes sur les paramètres clés.

I. Vérification du barème de pasteurisation

La pasteurisation a été faite à une température de 95 °C pendant 20 minutes, la vérification du processus de pasteurisation est essentielle pour garantir la sécurité et la qualité du jus d'orange. Des paramètres physico-chimiques et microbiologiques ont été surveillés, assurant ainsi l'élimination des microorganismes indésirables et la préservation des caractéristiques du produit.

I.1. Paramètres physico-chimiques

La vérification des paramètres physico-chimiques a inclus la mesure du taux de Brix, de l'acidité, du pH et de la conductivité. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau II : Paramètres physico-chimiques vérifiés après la pasteurisation du jus

Paramètres	Résultats
Brix (%)	11,2
Acidité (g/l)	1,37
pH	3,94
Conductivité (µs/cm)	1363

Les résultats obtenus sont similaires avant et après le traitement, cela indique que le processus de la pasteurisation n'a pas eu d'effet significatif sur les caractéristiques chimiques du jus.

I.2. Paramètres microbiologiques

Dans le but de cette vérification, un dénombrement de la FTAM et des levures et moisissures a été effectué pour évaluer la présence des microorganismes indésirables dans notre jus. Les résultats ont révélé une absence de ces derniers, ces résultats négatifs témoignent de la qualité microbiologique du jus, et démontrent ainsi l'efficacité du traitement thermique.

II. Analyse physico-chimique

II.1. Évolution du pH et de l'acidité

Le niveau de pH est un facteur essentiel qui influence la capacité des aliments à être conservés. Il représente un défi majeur pour la croissance de la flore microbienne. Selon le **Codex (CODEX STAN 247- 2005)**, il est recommandé d'avoir un pH compris entre 3 et 4,5 pour les jus destinés à la conservation. Cet intervalle de pH aide à empêcher la prolifération des microorganismes (**Adjou et al., 2013**).

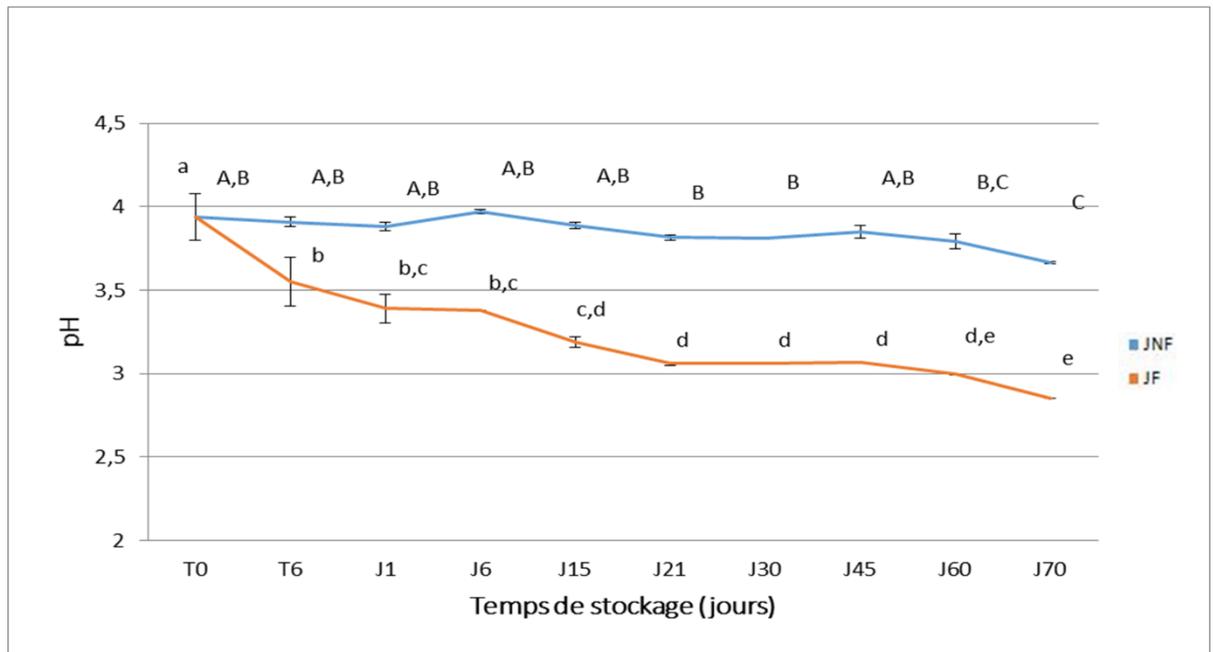


Figure 10 : Évolution du pH du jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C

Au départ, le jus d'orange avait un pH initial de 3,94. Toutefois, le pH du jus fermenté contenant la bactérie probiotique a montré une réduction progressive, tandis que le pH du jus non fermenté est resté relativement stable. Le pH à l'heure zéro au moment de l'ajout de la souche a été enregistré à 3,94 et après six heures d'incubation à 37 °C ont fait baisser le pH à 3,55. Ensuite, le pH a continué sa chute tout au long des 70 jours de stockage à 4 °C jusqu'à atteindre un 2,85. Ces résultats sont plus proches de ceux rapportés par **Fikre, et al. (2021)** qui ont obtenu une diminution de pH de 3,89 à 3,75 après fermentation de 36h par la souche *L. acidophilus*. Ces résultats sont également en accord avec **Marhamatizadeh et al., (2012)** qui ont déclaré que le pH a été réduit de 3,8 à 2,5 pendant le temps de production durant 6 heures dans un jus d'orange et de pomme fermentés par *L. acidophilus*.

Différentes études menées en utilisant des probiotiques de l'espèce *Lactiplantibacillus plantarum*, dans des substrats différents, ont noté des résultats divers, mais tous indiquent une baisse du pH au fil de la conservation tels que les résultats mentionnés par **Idoui (2016)**, qui a mené une étude sur le jus de carotte où il a observé une réduction du pH du JF par *Lactiplantibacillus plantarum* de 6,5 à environ 3,57 pendant six jours de conservation.

Les résultats obtenus par **Mohammad Bagher Hashemi et Mahmoodi (2017)** lors de leur étude menée sur le jus de citron utilisant également la même espèce de *Lactiplantibacillus plantarum*, au cours de la conservation à 4 °C pendant 29 jours, le pH du jus de citron a diminué jusqu'à atteindre 3,4.

La diminution du pH est le résultat du métabolisme des composants du jus d'orange par la souche probiotique. Cette souche est capable de convertir ces composants en acides organiques qui ont un impact direct sur le potentiel hydrogène du produit, entraînant ainsi une baisse du pH. Il convient de noter que les bactéries lactiques sont bien connues par leur capacité à produire principalement de l'acide lactique lors du processus de fermentation. L'acide lactique joue un rôle essentiel en tant qu'agent de bioconservation dans les aliments fermentés, contribuant ainsi à la qualité et à la durée de conservation du produit (**Abdel-Naeem et Mohamed 2016**).

L'acidité a été également suivie au cours de la conservation, les résultats obtenus sont illustrés par la figure suivante :

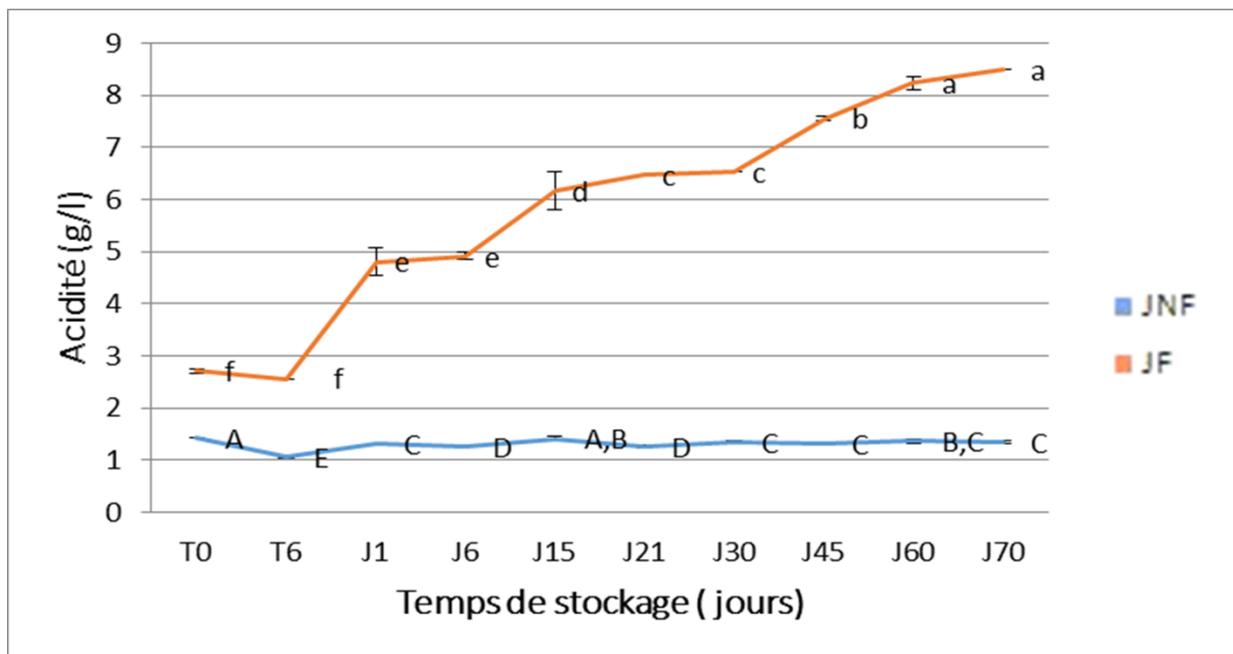


Figure 11 : Évolution de l'acidité (g/l) du jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C.

Selon le graphe, on remarque que les résultats obtenus à T0 mettent en évidence une similitude d'acidité entre le jus fermenté et le jus non fermenté, avec des valeurs d'environ 1,3 et 1,4 g/l respectivement ce qui représente la concentration de l'acide citrique naturellement présent dans notre jus d'orange reconstitué, sachant qu'aucune quantité supplémentaire de cet acide n'a été ajoutée lors de sa préparation. L'acidité est restée presque stable dans le jus non fermenté [1,07 g/l ; 1.44 g/l] tout au long de la période de conservation. En revanche, dans le jus probiotique, une augmentation progressive de l'acidité a été observée, atteignant finalement 7,15 g/l au 70^{ème} jour. Ces résultats sont inférieurs à ceux mentionnés par **Idoui (2016)** dont l'acidité totale oscille initialement entre 5,85 g/l à 15,50 g/l avec *L. plantarum* BJ052, et 5,95 à 13,70 g/l avec la souche BJ0021 et 6,65 à 13,90 g/l avec la souche BJ041 au cours de la fabrication et de la conservation d'un jus de carotte lactofermenté.

Cette augmentation significative ($P < 0.05$) de l'acidité dans le jus probiotique souligne les effets de la fermentation par la souche probiotique présente dans le jus, qui a entraîné une production accrue d'acides organiques à partir de la fermentation et de l'oxydation des sucres présents dans le jus d'orange. parallèlement à cette augmentation d'acidité est suivie par des valeurs de pH faibles (**Martínez-Flores et al., 2015; George et Moiloa 2015**).

Dans le jus d'orange, *Lactiplantibacillus plantarum* F2 joue un rôle important dans le métabolisme des sucres et des acides organiques présents dans la boisson. En effet, elle peut utiliser le fructose et le glucose comme sources de carbone pour sa croissance et sa multiplication en produisant de l'acide lactique principalement en tant qu'une souche homofermentaire. Cette bactérie possède également des enzymes qui lui permettent de décomposer les acides organiques tels que l'acide citrique en composés plus simples, comme l'acétate. Ces réactions métaboliques ont un impact significatif sur la saveur et la qualité du jus d'orange, en contribuant à son acidité et en réduisant la quantité de sucres (**Filannino et al., 2014**).

II.2. Taux des sucres totaux

L'objectif de ce test était d'examiner les variations de la teneur en sucres totaux entre les deux types de jus. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure ci-dessous.

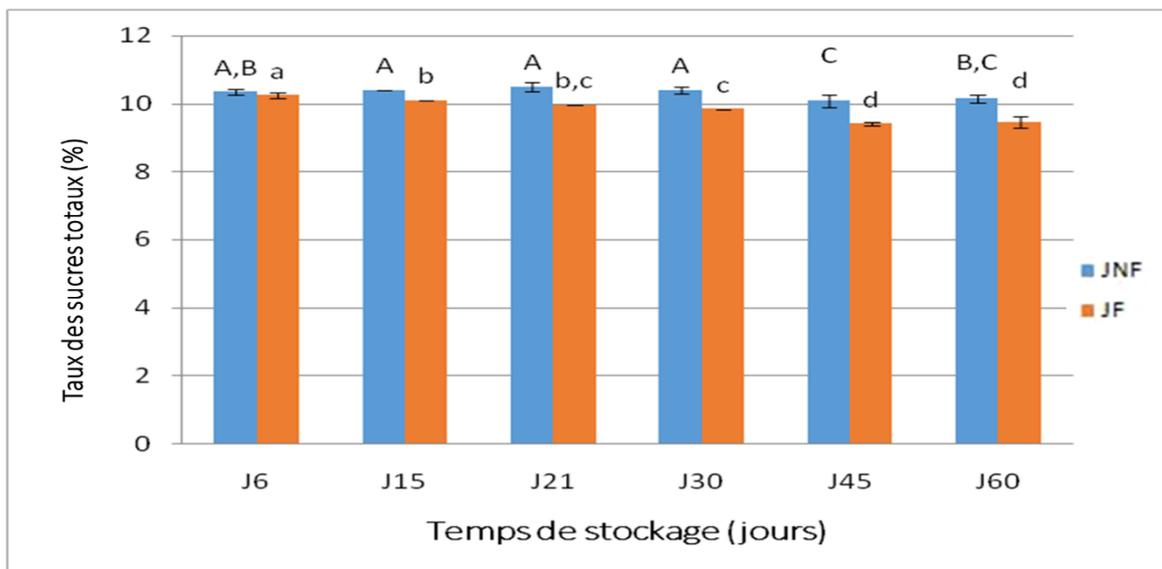


Figure 12 : Suivi du taux des sucres totaux dans les deux types ; jus fermenté (JF) et jus non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C.

Cet histogramme illustre l'évolution de la teneur en sucres (en %) dans le jus fermenté et le jus non fermenté au cours du temps, mesurée à différents intervalles de temps allant de 6 jours (J6) à 60 jours (J60).

On peut constater que la teneur en sucre diminue progressivement dans le jus fermenté au cours du temps, passant d'une valeur de 10,35 % à J6 à une valeur de 9,465 % à J60. Cette réduction progressive peut être attribuée à l'activité métabolique de *Lactiplantibacillus plantarum* F2, qui a consommé le sucre présent dans le jus et l'a converti en acide lactique.

En comparaison, on peut remarquer que la teneur en sucre dans le jus non fermenté est restée relativement stable tout au long de l'étude, oscillant autour d'une valeur moyenne de 10,3 %. Ce résultat suggère que la dégradation du sucre observée dans le jus fermenté ne peut pas être simplement attribuée à la détérioration naturelle des composants du jus avec le temps. Ces valeurs sont similaires à celles rapportées dans une autre étude réalisée sur 4 marque de jus d'orange par **Ndife (2013)**, qui indiquait une gamme de 9,15 % à 14,25 %.

La présence des bactéries lactiques dans JF a entraîné une diminution du taux de sucres, ce qui confirme leur métabolisation (**Sadok et al., 2014**).

II.3. Évolution du degré Brix

Pour démontrer l'évolution du degré Brix dans les jus d'orange fermenté et non fermenté, la figure ci-dessous présente les résultats obtenus, mettant en évidence les variations de la matière sèche soluble au cours des soixante-dix jours de stockage.

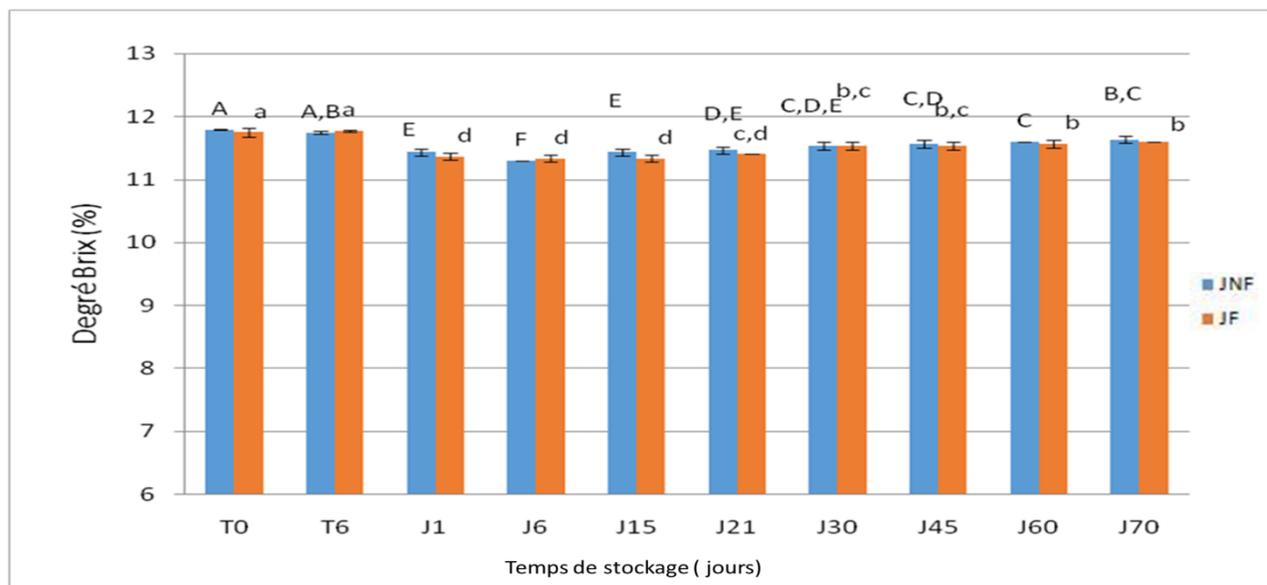


Figure 13 : Suivi de la variation du degré Brix (%) du jus fermenté (JF) et du jus non fermenté (JNF) lors des 70 jours de stockage (70 jours) à 4 °C

L'analyse des deux jus stockés à 4 °C a révélé que l'extrait sec réfractométrique avait une valeur de 11,7 % à T0 et T6 pour les deux jus. Cependant, il a diminué jusqu'à 11,3 % vers le sixième jour. Mais, à partir du sixième jour, on observe une augmentation du degré Brix vers sa valeur initiale et il stabilise. Ces valeurs se situent dans la plage de 11,2°-11,8° qui sont dans la norme citée dans le **JORA (2022)**.

La diminution du taux d'extrait sec soluble de notre jus fermenté en présence des bactéries lactiques confirme leur métabolisation en réduisant le taux de sucre dans le jus qui sont ensuite transformés en acide lactique (**Sadok et al., 2014**).

Après le sixième jour, l'augmentation de degré Brix dans le jus fermenté peut être attribuée à la dégradation des acides organiques et à la production de composés tels que les exopolysaccharides qui peuvent augmenter le degré Brix du jus (**Kalui et al., 2009 ; Szutowska 2020**).

II.4. Extrait sec total

La teneur en extrait sec nous renseigne sur la richesse en nutriment (**Bensadón et al., 2010**). Le tableau ci-dessous, présente les résultats obtenus lors de notre analyse.

Tableau III : Évolution de l'extrait sec total (%) du jus fermenté et le jus non fermenté pendant la période de stockage (70jours) à 4 °C

Temps	Extrait sec total %	
	JNF	JF
J6	12	12,2
J15	11,9	12
J21	12,3	12,2
J30	11,8	11,7
J45	12,1	12,1
J60	11,9	11,8
J70	11,8	11,9

Le jus analysé présente un extrait sec qui varie entre 11,6 % et 12,3 %. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par **Idoui (2016)** qui a trouvé 65,50 % -68% lors de son étude sur un jus de carotte fermenté par *Lactiplantibacillus plantarum*F2 pendant six jours.

II.5. Conductivité électrique

La conductivité électrique représente une importance capitale dans l'évaluation de la qualité des jus, offrant un aperçu sur leur degré de fraîcheur. De plus, cette mesure s'avère un outil important pour détecter les éventuels changements structurels survenant dans le produit traité (**Lebovka, Bazhal, et Vorobiev 2000**). La figure ci-dessous présente les résultats obtenus lors de notre étude.

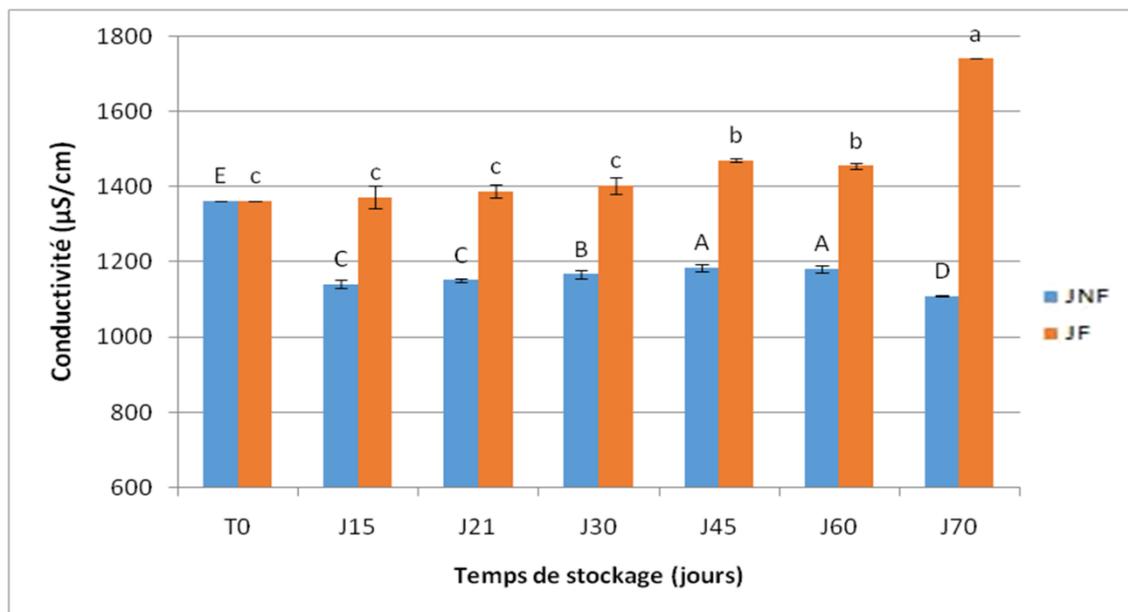


Figure 14 : Évolution de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) du jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4°C .

Les résultats obtenus montrent que la conductivité du jus fermenté et non fermenté est identique à T0, avec une valeur de $1363 \mu\text{S}/\text{cm}$. Dans le jus non fermenté, une évolution remarquable de la conductivité est observée. Au 15^{ème} jour, elle atteint la valeur de $1141,5 \mu\text{S}/\text{cm}$, puis se poursuit en une légère baisse jusqu'à atteindre $1109,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ au 70^{ème} jour. En contraste saisissant, le jus fermenté présente une trajectoire inverse, où la conductivité augmente de manière significative ($P < 0.05$) tout au long de la durée de stockage pour atteindre une valeur impressionnante de $1741 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ces résultats sont supérieurs à ceux de **Esteve et al., (2005)** qui ont trouvé $1310 \mu\text{S}/\text{cm}$ dans un jus d'orange et **Abid et al., (2014)** qui ont eu une conductivité initiale de $1395 \mu\text{S}/\text{cm}$ puis elle a augmenté légèrement jusqu'à atteindre $1405 \mu\text{S}/\text{cm}$ dans un jus de pomme.

La conductivité électrique est influencée par le pH de la solution, la charge des ions et le degré d'ionisation (**Zou et Jiang 2016**). Celle du jus d'orange non fermenté diminue peut-être en raison de la présence d'acides organiques naturels, tel que l'acide citrique, qui agissent comme des électrolytes faibles qui ont une capacité limitée à conduire le courant électrique, ce qui entraîne une faible conductivité électrique. En revanche, pendant le processus de fermentation, la souche *Lactiplantibacillus plantarum* F2 dégrade les sucres présents dans le jus et produit divers composés, notamment de l'acide lactique. L'augmentation de la production de ce dernier peut modifier la composition chimique du jus, entraînant des changements dans sa conductivité électrique car il est considéré comme un électrolyte fort, ce qui signifie qu'il peut se dissocier complètement en ions dans l'eau (**Tiban et al., 2022**).

En plus des ions présents dans le jus, il y a d'autres molécules qui peuvent contribuer à augmenter sa conductivité. Par exemple, les sucres comme le fructose et le glucose sont des électrolytes qui peuvent améliorer la conductivité du jus (**Dorai et al., 2001**).

II.6. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des jus est étroitement liée à leur teneur en phénols totaux, ce qui signifie que la présence d'une quantité élevée de composés phénoliques est un facteur déterminant des capacités antioxydantes. Cette relation est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical DPPH pour les deux types de jus. Une représentation graphique de cette activité est illustrée dans la figure suivante :

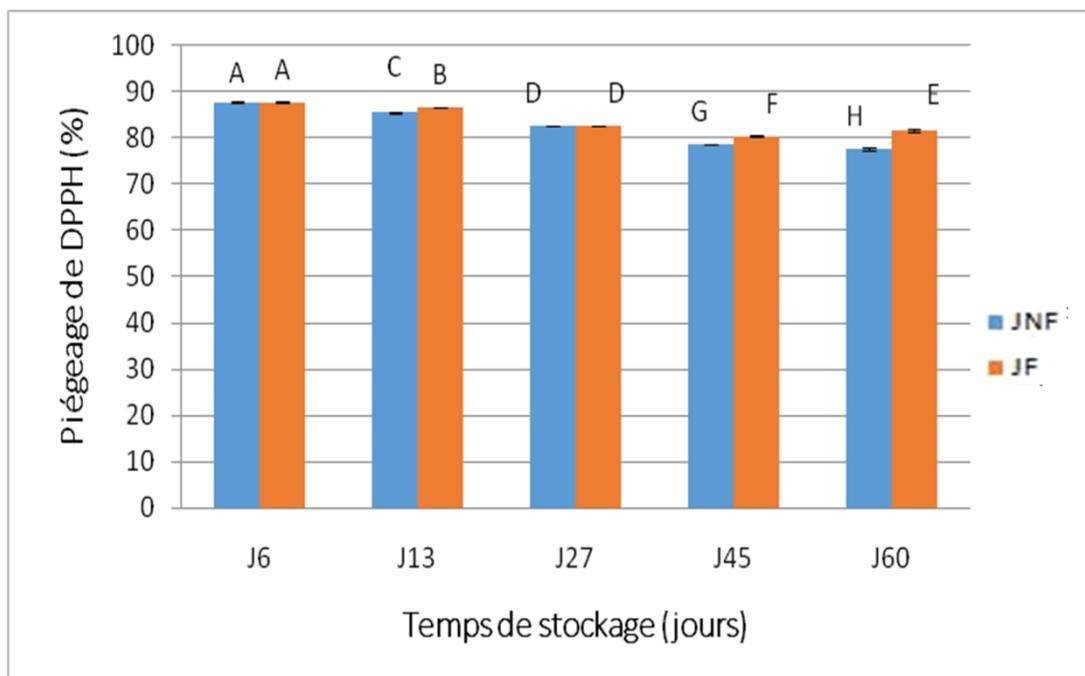


Figure 15 : Évolution du pourcentage de piégeage de DPPH dans le jus fermenté (JF) et non fermenté (JNF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C

Cette analyse révèle qu'au 6ème jour, les deux types de jus affichent une activité antioxydante élevée de 87,7 %, indiquant une forte capacité à neutraliser les radicaux libres. Cependant, l'activité antioxydante diminue d'une manière significative ($P < 0.05$) dans le jus non fermenté jusqu'à atteindre 77,62 % tandis qu'elle montre une diminution faible dans le jus fermenté à une valeur de 81,79 %. Ces résultats sont proches de ceux trouvés par **Tounsi et al., (2011)** qui ont analysé les jus de 4 variétés d'orange.

En résumé, l'analyse de l'histogramme met en évidence que le jus fermenté probiotique présente une activité antioxydante élevée, même s'il y a une diminution légère observée au fil du temps de stockage, contrairement au jus non fermenté. Cela est peut être due à l'activité

métabolique de la souche présente dans le jus fermenté (Kwaw et al., 2018). Mais cela ne cache pas l'activité antioxydante initiale qui est élevée dans le JNF. Cela suggère que d'autres facteurs, tels que les composés antioxydants naturellement présents dans les oranges, jouent un rôle plus significatif dans l'activité antioxydante des jus (KIM et al., 2011).

Les jus d'orange contiennent des composés antioxydants tels que la vitamine C, les caroténoïdes et les flavonoïdes qui sont des excellents antioxydants présents naturellement dans le jus d'orange et dans le cas où on a une dégradation de la vitamine C présente dans le jus témoin au fil de temps l'activité antioxydante diminue dans le cas de JNF. Par contre, dans le JF, la fermentation du jus d'orange par la souche de *Lactiplantibacillus plantarum* F2 a contribué à une augmentation significative des composés phénoliques totaux, ainsi qu'à l'activité antioxydante. Les modifications de l'activité antioxydante et de la teneur en vitamine C influencent les propriétés antioxydantes (Szutowska 2020).

III. L'analyse microbiologique

III.1. Dénombrement de la FTAM

La présence de FTAM est un indicateur fiable de la qualité microbiologique globale et de la stabilité du produit, tandis que le nombre total de germination peut indiquer la fraîcheur, la qualité hygiénique du produit. Nos résultats indiquent que les échantillons analysés sont dépourvus complètement de cette flore tout au long des 70 jours du suivi sauf au 15^{ème} jour. Cette absence peut être expliquée par l'efficacité du traitement thermique appliqué à notre jus. La figure ci-dessous exprime l'évolution de la FTAM dans notre jus non fermenté durant les 70 jours de stockage à 4 °C.

L'apparition des germes aérobie mésophile le 15ème jour de conservation peut être due à une contamination lors de la manipulation ou bien à une contamination du matériel utilisé. La charge trouvée est de 280 UFC/ml, selon le JORA (2017) qui tolère une charge de 10³ UFC/ml, le produit est dans la norme.

III.2. Dénombrement des levures et moisissures

Les résultats de l'analyse ont révélé l'absence totale de levures et de moisissures dans notre jus (fermenté et non fermenté) tout au long de la période de conservation, ce qui indique l'efficacité de traitement appliqué. Cette absence de contamination microbiologique témoigne de la qualité sanitaire du produit, assurant sa sécurité et sa qualité. Pour le jus fermenté en plus du traitement thermique cette absence peut être au potentiel antifongique de la souche *Lactiplantibacillus*

plantarum F2, comme a été déduit dans les conclusions des études précédentes menées par Rossoni et al., (2018) ; Ouiddir et al., (2019) ; et Matevosyan, Bazukyan, et Trchounian (2020) qui ont pu démontrer une activité antifongique de plusieurs lactobacilles dont une souche de *L. plantarum* à l'égard de plusieurs espèces de levures et moisissures.

III.3. La survie de la souche probiotique

Les résultats du suivi portant sur la survie de la souche probiotique dans le jus d'orange fermenté ont été recueillis pendant une période de stockage de 70 jours à une température de 4 °C. La figure ci-dessous présente les charges montrant l'évolution de la viabilité de la souche probiotique tout au long de cette période.

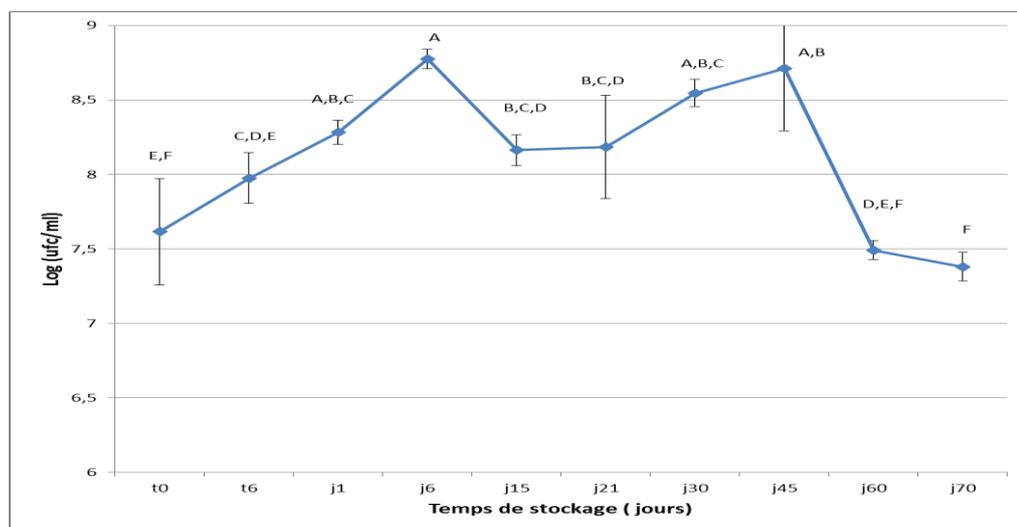


Figure 16 : Suivi de l'évolution de la souche probiotique dans le jus fermenté (JF) pendant la période de stockage (70 jours) à 4 °C

Avec une charge initiale de $4,13 \times 10^7$, il a été noté que la charge de la souche probiotique dans le jus fermenté augmente de manière significative ($p < 0.05$) après 24h. Cette augmentation de 0.67 log UFC/ml témoigne de la prolifération de cette souche probiotique dans le milieu. Ces résultats mettent en évidence la capacité de cette dernière à s'adapter et à se développer efficacement dans notre jus, ce qui est prometteur en termes de l'utilisation de *Lactiplantibacillus plantarum* F2 comme ferment, et le jus d'orange en tant que matrice alimentaire pour ce probiotique.

Jusqu'au 45^{ème} jour (j45) où la charge a atteint $5,15 \times 10^8$ log UFC/ml, on remarque une augmentation progressive de la charge bactérienne, avec quelques variations. Cette observation indique une augmentation de la charge microbienne continue de *Lactiplantibacillus plantarum* F2 dans le jus d'orange. La souche probiotique semble trouver les conditions favorables nécessaires pour se développer et se multiplier toute au long cette période.

À partir du jour 45 (j45) jusqu'à la fin de la période de 70 jours (j45-j70), on constate une diminution de la charge bactérienne. Cela pourrait suggérer que la souche probiotique atteint son niveau de croissance maximal et que les nutriments disponibles dans le milieu commencent à diminuer et/ou que d'autres facteurs limitants entrent en jeu, tel que la diminution du pH qui peut créer aussi un environnement moins favorable à la croissance et à la survie des bactéries (Sheehan *et al.*, 2007 ; Saarela *et al.*, 2006).

La viabilité d'une souche probiotique dépend de la souche elle-même et peut être aussi affectée par différents facteurs, tels que le type de jus de fruits utilisé, ainsi que les paramètres intrinsèques du jus, tels que le pH et la présence de composés particuliers tels que les acides organiques, de plus, des facteurs extrinsèques tels que la température et la durée de stockage peuvent également influencer la viabilité (Moussavi *et al.*, 2023 ; Charnchai *et al.*, 2016 ; Champagne et Gardner 2008 ; Champagne *et al.*, 2008 ; Sheehan *et al.*, 2007). Les résultats de notre suivi ont montré une viabilité importante de la souche probiotique, ce qui nous renseigne sur la capacité de la souche *Lactiplantibacillus plantarum* F2 à résister à des conditions extrêmes telle qu'une forte acidité, et que malgré ces contraintes le jus d'orange offre des conditions propices à son développement, qui peuvent également être favorables, ce qui a contribué à maintenir la viabilité de la souche probiotique tout au long des 70 jours. Notre souche s'est avérée bien meilleure lorsqu'on la compare à l'étude menée par Kardooni *et al.* (2023), où ils ont incorporé *L. acidophilus* B103 dans le jus d'orange. Ils ont obtenu une charge bactérienne de 7,92 log UFC/ml au 21^{ème} jour, tandis que notre souche a montré une survie exceptionnelle avec une charge de 8,71 log UFC/ml au 45^{ème} jour. Cela démontre clairement que notre souche est nettement plus performante.

III.4. Dénombrement des staphylocoques

L'absence totale de colonies de staphylocoques tout au long du suivi de notre étude est un résultat prometteur qui souligne la rigueur des mesures de contrôle et la qualité sanitaire du produit.

Les staphylocoques sont des bactéries à Gram positif largement répandues dans l'environnement, y compris dans les denrées alimentaires. Certaines souches de staphylocoques, notamment *Staphylococcus aureus*, peuvent produire des toxines potentiellement dangereuses pour la santé humaine. Cependant, il est essentiel de garantir l'absence de staphylocoques dans les denrées alimentaires afin de prévenir les risques pour les consommateurs. Dans le contexte d'un jus d'orange probiotique, il est important d'analyser l'absence totale de ce genre de bactéries.

Sur la base des conclusions précédemment établies par **Ong et al., (2020)**, il est raisonnable de supposer que *Lactiplantibacillus plantarum* F2 présente un effet antagoniste contre les staphylocoques. Par conséquent, même si les staphylocoques étaient présents dans le jus non fermenté, il est probable qu'ils ne le seront pas dans le jus fermenté grâce à cet effet inhibiteur.

III.5. Dénombrement des entérobactéries

Dans le cadre de notre étude, la surveillance de l'absence d'entérobactéries témoigne de l'efficacité des mesures de contrôle appliquées. En effet, Les entérobactéries sont une famille de bactéries Gram négatif qui sont couramment trouvées dans l'environnement, y compris dans les denrées alimentaires. Elles comprennent des genres tels que : *Escherichia*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Klebsiella* et bien d'autres (**Guiraud 2003**). Certaines entérobactéries sont des agents pathogènes humains, tandis que d'autres peuvent être des indicateurs de contamination et de mauvaise hygiène dans les denrées alimentaires, leur présence peut résulter de diverses sources de contamination, et peut présenter un risque pour la santé publique en raison de leur potentiel à causer des infections gastro-intestinales et des intoxications alimentaires (**Guiraud 2003**). Afin d'assurer la sécurité sanitaire des aliments, il est crucial de mettre en œuvre des mesures de contrôle rigoureuses pour prévenir la contamination par ces bactéries.

Conclusion

En conclusion, notre recherche a abouti à la création d'une boisson probiotique à base de jus d'orange industriel, spécialement conçue pour répondre aux besoins des personnes intolérantes au lactose et des végétariens. Grâce à l'utilisation de la souche probiotique *Lactiplantibacillus plantarum* F2 sélectionnée pour sa capacité de fermentation, ses bienfaits pour la santé et sa résistance aux conditions environnementales défavorables, nous avons pu obtenir une boisson fermentée aux propriétés physico-chimiques et microbiologiques exceptionnelles par rapport au jus d'orange non fermenté.

Les résultats de notre étude ont démontré que la teneur en matière sèche était similaire dans les deux types de jus [11,6 % ; 12,3 %], mais que la teneur en sucres [de 10,25 % à 9,46 %] et le pH [de 3,94 à 2,85] étaient réduits dans le jus fermenté, ce qui en fait une option plus saine. De plus, l'acidité [de 1.3 à 7.15 g/l] et la conductivité électrique [de 1363 à 1741 $\mu\text{s}/\text{cm}$] ont augmenté dans la version fermentée du jus d'orange, créant ainsi une expérience sensorielle unique et améliorée sur le plan nutritionnel grâce à la production de métabolites bactériens de fermentation.

En ce qui concerne les propriétés microbiologiques, la souche probiotique a montré une excellente survie tout au long de notre étude [7,38 log UFC/ml au 70^{ème} jour]. Cette observation est d'une grande importance, car elle démontre la capacité de notre souche probiotique à survivre dans des conditions défavorables, y compris le stockage à basse température. De plus, aucune présence de flores totales aérobies mésophiles, de levures ou de moisissures n'a été détectée dans la boisson fermentée, garantissant ainsi sa sécurité pour la consommation.

Enfin, la souche probiotique *Lactiplantibacillus plantarum* F2 a joué un rôle clé dans la réussite de la fermentation du jus d'orange, tout en maintenant la qualité microbiologique et nutritionnelle de la boisson probiotique. À l'issue de nos travaux, plusieurs perspectives passionnantes se dessinent pour le développement des aliments fonctionnels. Ces perspectives ouvrent de nouvelles opportunités pour répondre aux besoins des personnes intolérantes au lactose et des végétariens, en offrant des options qui améliorent leur santé, leur bien-être et enrichissent leur variété alimentaire. Voici quelques-unes des perspectives que nous souhaitons explorer

- Étudier l'effet antibactérien de notre souche par rapport à d'autres souches.
- Comparer les propriétés des échantillons conservés à température ambiante et à basse température.
- Découvrir les antioxydants présents naturellement dans le jus d'orange ainsi que ceux provoqués par notre souche probiotique.
- Évaluer l'impact sanitaire de notre produit sur son consommateur.

- Expérimenter avec des combinaisons de jus d'orange et d'autres jus pour créer des mélanges probiotiques innovants.
- Opter pour l'extraction de probiotiques à partir de sources végétales offre une perspective plus favorable en permettant aux personnes végétariennes de bénéficier des bienfaits sans compromettre leurs principes alimentaires.

Références bibliographiques

- Abdel-Naeem, HHS, et Mohamed, HMM. (2016). « Improving the Physico-Chemical and Sensory Characteristics of Camel Meat Burger Patties Using Ginger Extract and Papain ». *Meat Science* 118 (août): 52-60.
- Abid, M, Jabbar, S, Wu, T, Hashim, MM, Hu, B, Lei, S, et Zeng, X. (2014). « Sonication Enhances Polyphenolic Compounds, Sugars, Carotenoids and Mineral Elements of Apple Juice ». *Ultrasonics Sonochemistry* 21 : 93-97.
- Adjou, ES., Amamion, H, Tchobo, FP, Aissi, VM et Soumanou, MM. (2013). « Extraction Assistée Par Enzyme Du Jus de La Pulpe Fraîche Du Rônier (*Borassus Aethiopum* Mart.) Acclimaté Au Benin : Caractérisation Physico-Chimique et Microbiologique ». *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7 : 1135-46.
- AFNOR (1986). . Jus de fruits et de légumes: spécification et méthodes d'analyse. 2ème éd, Tour Europe, Paris, 155 p.
- Ait Seddik, H, Bendali, F, Frédérique, G, Ismail, F, Spano, G, et Drider D. (2017). « *Lactobacillus plantarum* and Its Probiotic and Food Potentialities ». *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 9: 111- 22.
- Amaretti, A, Nunzio, M Di, Pompei, A, Raimondi, S, Rossi, M, et Bordoni, A. (2013). « Antioxidant Properties of Potentially Probiotic Bacteria: In Vitro and in Vivo Activities ». *Applied Microbiology and Biotechnology* 97: 809-17.
- Amene, N, Sohrabvandi, S, Mortazavian, AM et Jazaeri, S. (2016). « Viability of Probiotic Bacteria and Some Chemical and Sensory Characteristics in Cornelian Cherry Juice during Cold Storage ». *Electronic Journal of Biotechnology* 21 (mai): 49-53.
- Amorim, JC, Piccoli, RH, et Duarte, WF. (2018). « Probiotic Potential of Yeasts Isolated from Pineapple and Their Use in the Elaboration of Potentially Functional Fermented Beverages ». *Food Research International* 107 (mai): 518-27.
- Amro, A, Abdelmotaal H, Zhu, ZT, Fang-Fang, Sami, R, Zhang, LG, Al Tawaha, AR, et Meng, XC. (2018). « Potential benefits of *Lactobacillus plantarum* as probiotic and its advantages in human health and industrial applications : A review », janvier.
- Aneja, KR, Dhiman, R, Aggarwal, NK et Aneja, A. (2014). «Emerging Preservation Techniques for Controlling Spoilage and Pathogenic Microorganisms in Fruit Juices», *International Journal of Microbiology*, vol. 2014, Article ID 758942, 14 pages.
- Barache, N, Ladjouzi, R, Belguesmia, Y, Bendali, F, et Drider, D. (2020). « Abundance of *Lactobacillus plantarum* strains with Beneficial Attributes in Blackberries (*Rubus* sp.), Fresh Figs (*Ficus carica*), and Prickly Pears (*Opuntia ficus-indica*) Grown and Harvested in Algeria ». *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 12 (décembre).

- Bartkiene, E, Zavistanaviciute, P, Lele, V, Ruzauskas, M, Bartkevics, V, Bernatoniene, J, Gallo, P, Tenore, GC, et Santini, A. (2018). « *Lactobacillus plantarum* LUHS135 and *paracasei* LUHS244 as Functional Starter Cultures for the Food Fermentation Industry: Characterisation, Mycotoxin-Reducing Properties, Optimisation of Biomass Growth and Sustainable Encapsulation by Using Dairy by-Products ». *LWT* 93 (juillet): 649-58.
- Bates, RP, Morris, JR, Crandall, PG et Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). *Principles and Practices of Small- and Medium-Scale Fruit Juice Processing*. Food & Agriculture Org.
- Bennett, J. W., et Klich, M. (2003). « Mycotoxins ». *Clinical Microbiology Reviews* 16: 497-516.
- Bensadón, S, Hervert-Hernández, D, G. Sáyago-Ayerdi, S, et Goñi, I. (2010). « By-Products of *Opuntia Ficus-Indica* as a Source of Antioxidant Dietary Fiber ». *Plant Foods for Human Nutrition* 65: 210-16.
- Berlinet, C. (2006). « Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange ». These de doctorat, École nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (Massy, Essonne).
- Bhattacharjee, C, Saxena, VK, et Dutta, S. (2017). « Fruit Juice Processing Using Membrane Technology: A Review ». *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 43 (octobre): 136-53.
- Blackburn, CW. (2006). *Food Spoilage Microorganisms*. Woodhead Publishing in Food Science, Technology, and Nutrition. Boca Raton [Fla.], Cambridge, England: CRC Press ; Woodhead Pub. <http://www.crcnetbase.com/isbn/9781439824573>.
- Boclé, JC, et Carole, T. (2005). « Effets Des Probiotiques et Prébiotiques Sur La Flore et l'immunité de l'homme Adulte ».
- Boeckel, T, Van, P, Hounhouigan, JD et Nout, R. (2003). *Les aliments : transformation, conservation et qualité*. Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation.
- Braesco, V, Gauthier, T, et Bellisle, F. (2013). « Jus de fruits et nectars ». *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 48 : 248-56.
- Buruleanu, L, et Manea, I. 2006. « INFLUENCE DES TRAITEMENTS THERMIQUES SUR LA COMPOSITION DES JUS VEGETAUX – SUBSTRATS POUR LA FERMENTATION LACTIQUE♦ ».
- Calmettes, C. (2020). « Stimuler son système immunitaire: approche nutritionnelle et complémentaire », décembre.

- Champagne, CP., et Gardner, NJ. (2008). « Effect of Storage in a Fruit Drink on Subsequent Survival of Probiotic *Lactobacilli* to Gastro-Intestinal Stresses ». *Food Research International* 41: 539-43.
- Champagne, CP, Raymond, Y, et Gagnon, R. (2008). « Viability of *Lactobacillus rhamnosus* R0011 in an Apple-Based Fruit Juice under Simulated Storage Conditions at the Consumer Level ». *Journal of Food Science* 73: M221-26.
- Charnchai, P, Jantama, SS, Prasitpuriprecha, C, Kanchanatawee, S, et Jantama, K. (2016). « Effects of the Food Manufacturing Chain on the Viability and Functionality of *Bifidobacterium animalis* through Simulated Gastrointestinal Conditions ». *PLOS ONE* 11: e0157958.
- Chen, C, Lu, Y, Yu, H, Chen, Z et Tian, T. (2019). « Influence of 4 Lactic Acid Bacteria on the Flavor Profile of Fermented Apple Juice ». *Food Bioscience* 27 (février) : 30-36.
- Codex Alimentarius (2005). Normes générales Codex pour les jus et les nectars de fruits Codex. STAN 247-2005, pp19
- De Oliveira, P.M., Leite Júnior, B.R.d.C., Martins, E.M.F, Martins, ML, Vieira, ENF, de Barros, FAR, Cristianini, M, de Almeida Costa, N, et Ramos, AM. (2021).Mango and carrot mixed juice : a new matrix for the vehicle of probiotic lactobacilli. *J Food Sci Technol* 58:98-109
- Dhuique-Mayer, C. (2007). « Evaluation de La Qualité Nutritionnelle Des Jus d'agrumes : Estimation in Vitro de La Biodisponibilité Des Caroténoïdes ». 2007.
- Dorai, M, Papadopoulos, A, et Gosselin, A. (2001). « Influence of Electric Conductivity Management on Greenhouse Tomato Yield and Fruit Quality ». *Agronomie* 21: 367.
- Dupaigne, P. (1962). « Influence de la lumière sur les jus d'orange et boissons à l'orange ».
- Esteve, M.J., Frígola, A, Rodrigo, C et Rodrigo, D. (2005). « Effect of Storage Period under Variable Conditions on the Chemical and Physical Composition and Colour of Spanish Refrigerated Orange Juices ». *Food and Chemical Toxicology* 43: 1413-22.
- Evanovich, E, de Souza Mendonça Mattos, PJ, et Guerreiro, JF. (2019). « Comparative Genomic Analysis of *Lactobacillus Plantarum* : An Overview ». *International Journal of Genomics* 2019 (avril): 1-11.
- Faure, S, Pubert, C, Rabiller, J, Taillez, J, et Yvain, AN. (2013). « Intérêt des probiotiques en préventif au niveau des différentes flores de l'organisme ». *Actualités Pharmaceutiques* 52 (528) : 22-26.

- Fernandes P, Lucia, A, et Rodrigues, S. (2018). « Chapter 15 - Turning Fruit Juice Into Probiotic Beverages ». In *Fruit Juices*, édité par Gaurav Rajauria et Brijesh K. Tiwari, 279-87. San Diego: Academic Press.
- Fikre, K, Kurabachew, H, et Umar, Y. (2021). « Probiotication of Fruit Juices by Supplemented Culture of *Lactobacillus acidophilus* », février, 45-48.
- Filannino, P., Cardinali, G, Rizzello, CG, Buchin, S, De Angelis, M, Gobbetti, M, et Di Cagno, R. (2014). « Metabolic Responses of *Lactobacillus plantarum* strains during Fermentation and Storage of Vegetable and Fruit Juices ». *Applied and Environmental Microbiology* 80: 2206-15.
- Galaverna, G, et Dall'Asta, C. (2014). « Production Processes of Orange Juice and Effects on Antioxidant Components ». In *Processing and Impact on Antioxidants in Beverages*, 203-14. Elsevier.
- Gamage, SM, Mihirani, MKS, Perera, ODAN, et Weerahewa, HLD. 2016. « Development of Synbiotic Beverage from Beetroot Juice Using Beneficial Probiotic *Lactobacillus casei* 431 ». *Ruhuna Journal of Science* 7 (2 December).
- Gauthier, A. (2016). « Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé ».
- George, M, et Moiloa, L. (2015). « Determination and Comparison of Physico-chemical Properties of Home-made Juices in Lesotho and Commercial Juice Available in the Local Markets ». *American Chemical Science Journal* 5 (Janvier) : 247-52.
- Guiraud, JP. (2003). *Microbiologie alimentaire. Nouv. présentation. Industries agroalimentaires*. Paris: Dunod.
- Hanover P. (1964). *Méthodes d'analyses utilisées au laboratoire des glucides C.S.T BONDY*. Office de la recherche scientifique et technique OUTRE-MER. 26page.
- Idoui, T. (2016). « Changes of Microbial Population and Some Components in Carrot Juice During Fermentation with Selected Autochthonous *Lactobacillus plantarum* strains ». *TOJSAT* 3 : 59-64. (Novembre): 112106.
- Ioanna, M, Kazakos,S , Terpou,A , Alexopoulos,A , Bezirtzoglou,E, Bekatorou,A et Plessas, S. (2018). « Potential of the Probiotic *Lactobacillus plantarum* ATCC 14917 Strain to Produce Functional Fermented Pomegranate Juice ». *Foods* 8: 4.
- ISO 6734:1989: Lait concentré sucré — Détermination de la matière sèche
- ISO 15214:1998 : Microbiologie des aliments — Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles — Technique par *comptage* des colonies à 30 degrés C
- ISO 7954:1987 Microbiologie — Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures — Technique par comptage des colonies à 25 degrés C
- ISO 4833:1991 : Microbiologie — Directives générales pour le dénombrement des micro-

- organismes — Méthode par comptage des colonies obtenues à 30 degrés C
- ISO 7402:1993 : Microbiologie — Directives générales pour le dénombrement sans revivification des Enterobacteriaceae — Technique NPP et méthode par comptage des colonies
- Jacob, C, Mathiasen, L, et Powell, D. (2010). « Designing Effective Messages for Microbial Food Safety Hazards ». *Food Control* 21 : 1-6.
- Jing, S, Buys, N. (2015). « Effects of probiotics consumption on lowering lipids and CVD risk factors: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials ». *Annals of Medicine* 47: 430-40.
- Journal Officiel de la République Algérienne N°40 du 15 juin 2022. Arrêté interministériel du 18 Chaâbane 1443 correspondant au 21 mars 2022 portant adoption du règlement technique relatif aux jus et nectars de fruits, jus de légumes et boissons aux jus de fruits et/ou de légumes
- Journal Officiel de la République Algérienne. N °39 (2017). Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016
- Journal Officiel de la République Algérienne. N° 68 du 23 novembre 2014. Arrêté du 21 mai 2014 relatif à [rendant obligatoire la méthode de dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (staphylococcus aureus et autres espèces)] fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires
- Kalui, C., Mathara, J, Kutima, P, Kiiyukia, C et Wongo, L. (2009). « Functional Characteristics of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus rhamnosus* from Ikii, a Kenyan Traditional Fermented Maize Porridge ». *African Journal of Biotechnology* 8.
- Kardooni, Z, Behbahani, BA, Jooyandeh, H, et Noshad, M. 2023. « Probiotic Viability, Physicochemical, and Sensory Properties of Probiotic Orange Juice ». *Journal of Food Measurement and Characterization* 17: 1817-22.
- Kean, RJ, Lamport, DJ, Dodd, GF, Freeman, JE, Williams, CM, Ellis, JA, Butler, LT et Jeremy PE Spencer. 2015. « Chronic Consumption of Flavanone-Rich Orange Juice Is Associated with Cognitive Benefits: An 8-Wk, Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial in Healthy Older Adults ». *The American Journal of Clinical Nutrition* 101: 506-14.
- Khalesi, S, Sun, J, Buys, N et Jayasinghe, R. (2014). « Effect of Probiotics on Blood Pressure ». *Hypertension* 64 (4): 897-903.
- Khalighi, A, Behdani, R, Kouhestani, S, Rao, V et Rao, LG. (2016). Probiotics: A Comprehensive Review of Their Classification, Mode of Action and Role in Human Nutrition. *Probiotics and Prebiotics in Human Nutrition and Health*. IntechOpen.

- KIM, J, CHOI, JN, KANG, D, SON, GH, KIM, YS, CHOI, HK, KWON, DY, et LEE, CH. (2011). « Correlation between Antioxidative Activities and Metabolite Changes during Cheonggukjang Fermentation ». *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 75: 732-39.
- Kwaw, E, Ma, Y, Tchabo, W, Apaliya, MT, Wu, M, Sackey, AS, Xiao, L, et Tahir, HE. (2018). « Effect of *Lactobacillus* strains on Phenolic Profile, Color Attributes and Antioxidant Activities of Lactic-Acid-Fermented Mulberry Juice ». *Food Chemistry* 250 (juin): 148-54.
- Lebovka, NI, Bazhal, MI, et Vorobiev, E. 2000. « Simulation and Experimental Investigation of Food Material Breakage Using Pulsed Electric Field Treatment ». *Journal of Food Engineering* 44: 213-23.
- Li, Z, Teng, J, Lyu, Y, Hu, X, Zhao, Y et Wang, M. (2019). « Enhanced Antioxidant Activity for Apple Juice Fermented with *Lactobacillus plantarum* ATCC14917 ». *Molecules* 24 : 51.
- Liao, SF, et Nyachoti, M. (2017). « Using Probiotics to Improve Swine Gut Health and Nutrient Utilization ». *Animal Nutrition* 3: 331-43.
- Lillo-Pérez, S, Guerra-Valle, M, Orellana-Palma, P et Petzold, G. (2021). « Probiotics in Fruit and Vegetable Matrices: Opportunities for Nondairy Consumers ». *LWT* 151
- Mantzourani I, Kazakos S, Terpou A, Alexopoulos A, Bezirtzoglou E, Bekatorou A, Plessas S. (2018). Potential of the Probiotic *Lactobacillus Plantarum* ATCC 14917 Strain to Produce Functional Fermented Pomegranate Juice. *Foods*. 8:4.
- Marhamatizadeh, M, Rezazadeh, S, Kazemeini, F, et Kazemi, M. (2012). « The Study of Probiotic Juice Product Conditions Supplemented by Culture of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* ». *Middle East Journal of Scientific Research* 11 (janvier).
- Martínez-Flores, HE, Guadalupe Garnica-Romo, M, Bermúdez-Aguirre, D, Pokhrel, PR, et Barbosa-Cánovas, GV. (2015). « Physico-Chemical Parameters, Bioactive Compounds and Microbial Quality of Thermo-Sonicated Carrot Juice during Storage ». *Food Chemistry* 172 (avril): 650-56.
- Matevosyan, LA, Bazukyan, IL, et Trchounian, AH. (2020). « Antifungal Activity of Lactic Acid Bacteria Isolates and Their Associations: The Effects of Ca and Mg Divalent Cations ». *Current Microbiology* 77 : 959-66.

- Maugeri, A, Cirimi, S, Minciullo, PL, Gangemi, S, Calapai, G, Mollace, V, et Navarra, M. (2019). « Citrus Fruits and Inflammaging: A Systematic Review ». *Phytochemistry Reviews* 18: 1025-49.
- Mehinagic, E, BOURLES, E, et JOURJON, F. (2011). « Composés des fruits d'intérêt nutritionnel: impact des procédés de transformation sur les polyphénols ».
- Metchnikoff, E. (1907). *The Prolongation of Life; Optimistic Studies*. London: Heinemann.
- Metlef, S, Zidane, A, et Gadouche, L. (2022). « Évaluation de la qualité physico-chimique d'un jus de fruit soumis à quelques traitements thermiques durant sa conservation », juin.
- M'hiri, N., Ioannou, I, Ghoul, M, et Boudhrioua, NM. (2017). « Phytochemical Characteristics of Citrus Peel and Effect of Conventional and Nonconventional Processing on Phenolic Compounds : A Review ». *Food Reviews International* 33: 587-619.
- Mohammad Bagher Hashemi, S, et Mahmoodi, M. (2017). « Fermentation of Barberry Juice to Produce Probiotic Beverage ». *Current Nutrition & Food Science* 13: 204-11.
- Mousavi K, Amin, Abhari, K, Eş, I, Soares, MB, Oliveira, RBA, Hosseini, H, Rezaei, M , Balthazar, CF, Silva, R, Cruz, AG, Ranadheera, CS, et Sant'Ana, AS . (2020). « Interactions between Probiotics and Pathogenic Microorganisms in Hosts and Foods: A Review ». *Trends in Food Science & Technology* 95 (janvier): 205-18.
- Moussavi, M, Barouei, J, Evans, C, Adams, MC, et Baines, S. (2023). « Viability and In Vitro Gastrointestinal Transit Tolerance of Multispecies Probiotic Combinations Incorporated into Orange Juice and Drinking Water ». *Foods* 12: 2249.
- Naeem, M, Ilyas, M, Haider, S, Baig, S, et Saleem, M. s. d. « ISOLATION CHARACTERIZATION AND IDENTIFICATION OF LACTIC ACID BACTERIA FROM FRUIT JUICES AND THEIR EFFICACY AGAINST ANTIBIOTICS ».
- Ndife, J. (2013). « Comparative Evaluation of the Nutritional and Sensory Quality of Different Brands of Orange-Juice in Nigerian Market ». *African Journal of Food Science* 7 : 479-84.
- Nikbakht, E, Khalesi, S, Singh, I, Williams, LT, P. West, N, et Colson, N. (2018). « Effect of Probiotics and Synbiotics on Blood Glucose: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials ». *European Journal of Nutrition* 57: 95-106.
- Nonga, HE, Simforian, EA, et Ndabikunze, BK. (2014). « Assessment of physicochemical characteristics and hygienic practices along the value chain of raw fruit juice vended in Dar es Salaam City, Tanzania ». *Tanzania Journal of Health Research* 16.
- Ong, JS, Taylor, TD, Yong, CC, Khoo, BY, Sasidharan, S, Choi, SB, Ohno, H et Liang, MT. (2020). « Lactobacillus Plantarum USM8613 Aids in Wound Healing and Suppresses

Staphylococcus aureus Infection at Wound Sites ». Probiotics and Antimicrobial Proteins 12 : 125-37.

- Ouiddir, M, Bettache, G, Salas, ML, Pawtowski, A, Donot, C, Brahim, S, Mabrouk, K, Coton, E et Jérôme Mounier. (2019). « Selection of Algerian Lactic Acid Bacteria for Use as Antifungal Bioprotective Cultures and Application in Dairy and Bakery Products ». Food Microbiology 82 (septembre): 160-70.
- Panagiotis, K, Pissaridi, K, Bekatorou, A, Kanellaki, M, et Koutinas, A. (2016). « Dairy and Non-Dairy Probiotic Beverages ». Current Opinion in Food Science 7 (février): 58-63.
- Panghal, A, Virkar, K, Kumar, V, Dhull, SB, Gat, Y et Chhikara, N. (2017). « Development of Probiotic Beetroot Drink ». Current Research in Nutrition and Food Science Journal 5.
- Parker, EA, Roy, T, D'Adamo, CR, et Wieland, LS. (2018). « Probiotics and Gastrointestinal Conditions: An Overview of Evidence from the Cochrane Collaboration ». Nutrition 45 (janvier) : 125-134.e11.
- Poli, J. (2020). « Les probiotiques : leurs mécanismes d'action et leur place dans l'arsenal thérapeutique du conseil officinal associés dans les troubles digestifs », septembre, 82.
- Prado, FC., Parada, JL, Pandey, A, et Soccol, CR. (2008). « Trends in Non-Dairy Probiotic Beverages ». Food Research International 41: 111-23.
- Primurdia, EG, et Kusnadi, J. (2014). « AKTIVITAS ANTIOKSIDAN MINUMAN PROBIOTIK SARI KURMA (Phoenix Dactilyfera L.) Dengan ISOLAT *L. plantarum* Dan *L. Casei* [IN PRESS JULI 2014] ». Jurnal Pangan Dan Agroindustri 2: 98-109.
- Privat, K, et Thonart, P. (2011). « Action des cultures protectrices : cas des germes lactiques sur la flore alimentaire indésirable ». Biotechnol. Agron. Soc. Environ.
- Rambaud, JC, Buts, JP et Corthier, G. (2004). *Flore microbienne intestinale: Physiologie et pathologie digestives*. John Libbey Eurotext.
- Raybaudi, M, Rosa M., Mosqueda-Melgar, J, Soliva-Fortuny, R, et Martín-Belloso, O. (2009). « Control of Pathogenic and Spoilage Microorganisms in Fresh-Cut Fruits and Fruit Juices by Traditional and Alternative Natural Antimicrobials ». Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 8: 157-80.
- Rech F, Isabel, S, Guecheva, TN, Henriques, JAP, et Prá, D. (2013). « Orange Juice and Cancer Chemoprevention ». *Nutrition and Cancer* 65: 943-53.
- Rees, A, Dodd, G, et Spencer, J. (2018). « The Effects of Flavonoids on Cardiovascular Health: A Review of Human Intervention Trials and Implications for Cerebrovascular Function ». *Nutrients* 10: 1852.

- Reis, SALL, Rosa, CDD, Siqueira, NP, et Peluzio, MCG. (2017). « Mechanisms Responsible for the Hypocholesterolaemic Effect of Regular Consumption of Probiotics ». *Nutrition Research Reviews* 30: 36-49.
- ROBERFROID, MB, COXAM, V, et DELZENNE, N. (2008). *Aliments fonctionnels* (2e ed). Lavoisier.
- Roberts, T. A., Cordier, J. L., Gram, L., Tompkin, R. B., Pitt, J. I., Gorris, L. G. M., & Swanson, K. M. J. (2005). Soft drinks, fruit juices, concentrates, and fruit preserves. *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*, 544-573.
- Rossoni, RD, de Barros, PP, de Alvarenga, JA, de Camargo Ribeiro, F, Velloso, MDS, Fuchs, BB, Mylonakis, E, Jorge, AOC, et Junqueira, JC. (2018). « Antifungal Activity of Clinical *Lactobacillus* strains against *Candida albicans* Biofilms: Identification of Potential Probiotic Candidates to Prevent Oral Candidiasis ». *Biofouling* 34: 212-25.
- Rostami, FM, Mousavi, H, Mousavi, MRN et Shahsafi, M. (2018). « Efficacy of Probiotics in Prevention and Treatment of Infectious Diseases ». *Clinical Microbiology Newsletter* 40: 97-103.
- Routier, A, Blaizot, A, Agossa, K, et Dubar, M. (2021). « What Do We Know about the Mechanisms of Action of Probiotics on Factors Involved in the Pathogenesis of Periodontitis? A Scoping Review of in Vitro Studies ». *Archives of Oral Biology* 129 (septembre): 105196.
- Saarela, M, Virkajärvi, I, Alakomi, HL, Sigvart-Mattila, P, et Mättö, J. (2006). « Stability and Functionality of Freeze-Dried Probiotic Bifidobacterium Cells during Storage in Juice and Milk ». *International Dairy Journal* 16 : 1477-82.
- Sadok, T, Fatiha, A, Doumandji A, et Bellal M. (2014). « Effet du jus de cladodes d'Opuntia ficus indica sur la fermentation du lait et la croissance des bactéries lactiques et probiotiques. » *Revue Nature et Technology (Natec), B Sciences Agronomiques et Biologiques* n°11 (janvier) : 17-19.
- Saher, M, Arvola, A, Lindeman, M, et Lähteenmäki, L. (2004). « Impressions of Functional Food Consumers ». *Appetite* 42: 79-89.
- Salvucci, E. (2019). *The Disappearing Microbiota : Diseases of the Western Civilization*. In : Azcarate-Peril, M., Arnold, R., Bruno-Bárcena, J. (eds) *How Fermented Foods Feed a Healthy Gut Microbiota*. Springer, Cham.

- Settachaimongkon, S, Nout, MJR, Fernandes, ECA, Hettinga, KA, Vervoort, JM, Hooijdonk, TCMV, Zwietering, MH, Smid, EJ, et Valenberg. HJFV (2014). « Influence of Different Proteolytic Strains of *Streptococcus thermophilus* in Co-Culture with *Lactobacillus delbrueckii* Subsp. *bulgaricus* on the Metabolite Profile of Set-Yoghurt ». *International Journal of Food Microbiology* 177 (mai): 29-36.
- Sheehan, VM, Ross, P, et Fitzgerald, GF. (2007). « Assessing the Acid Tolerance and the Technological Robustness of Probiotic Cultures for Fortification in Fruit Juices ». *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 8: 279-84.
- Sperber, WH, et Doyle, MP. (2009). *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*. New York, NY: Springer New York.
- Succi, M., Tremonte, P, Reale, A, Sorrentino, E, Grazia, L, Pacifico, S, et Coppola, R. (2005). « Bile Salt and Acid Tolerance of *Lactobacillus rhamnosus* strains isolated from Parmigiano Reggiano Cheese ». *FEMS Microbiology Letters* 244: 129-37.
- Szutowska, J. (2020). « Functional Properties of Lactic Acid Bacteria in Fermented Fruit and Vegetable Juices: A Systematic Literature Review ». *European Food Research and Technology* 246: 357-72.
- Taale, E, Savadogo, A, SINA, H, Cheikna, Z, Karou, SD, Baba-Moussa, L, et Traore, A. (2016). « SEARCHING FOR BACTERIOCIN PLN LOCI FROM LACTOBACILLUS SPP. ISOLATED FROM FERMENTED FOOD IN BURKINA FASO BY MOLECULAR METHODS ». *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* 7 (juillet): 86-94.
- Tiban, NN, Šimović, M, Polović, M, Šarić, A, Tomac, I, Matić, P, et Jakobek, L. (2022). « The Effect of High Voltage Electrical Discharge on the Physicochemical Properties and the Microbiological Safety of Rose Hip Nectars ». *Foods* 11: 651.
- Tounsi, MS, Wannas, WA, Ouerghemmi, I, Jegham, S, Ben Njima, Y, Zemni, GHH, et Marzouk, B. (2011). « Juice Components and Antioxidant Capacity of Four Tunisian Citrus Varieties ». *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 142-51.
- Vries, MC de, Vaughan, EE, Kleerebezem, M, et de Vos, WM. (2006). « *Lactobacillus plantarum*—Survival, Functional and Potential Probiotic Properties in the Human Intestinal Tract ». *International Dairy Journal*, 4th NIZO Dairy Conference - Prospects for Health, Well-being and Safety, 16: 1018-28.
- Wang, Y, Chen, Y, Zhang, X, Lu, Y, et Chen, H. (2020). « New Insights in Intestinal Oxidative Stress Damage and the Health Intervention Effects of Nutrients: A Review ». *Journal of Functional Foods* 75 (décembre): 104248.

- Wang, Y, Andrukhov, O, et Rausch-Fan, X. (2017). « Oxidative Stress and Antioxidant System in Periodontitis ». *Frontiers in Physiology* 8: 910.
- Zheng, J, Wittouck, S, Salvetti, E, Franz, CMAP, Harris, HMB, Mattarelli, P, Paul O'Toole, W. (2020). « A Taxonomic Note on the Genus *Lactobacillus*: Description of 23 Novel Genera, Emended Description of the Genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and Union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae* ». *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 70: 2782-2858.
- Zou, Y, et Jiang, A. (2016). « Effect of Ultrasound Treatment on Quality and Microbial Load of Carrot Juice ». *Food Science and Technology* 36 (février): 111-15.

Annexes

Annexes

Annexe 1 : Milieux et réactifs

Liqueur de Fehling A (Solution cuivrique)

- Sulfate de cuivre pur $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 40 g
- Acide sulfurique pur H_2SO_4 : 2 ml
- Eau distillée : 1000 ml

Liqueur de Fehling B (Solution tartro-sodique)

- Tartrate sodico-potassique : 200 g
- Soude pure NaOH : 150 g
- Eau distillée : 1000 ml

Liqueur ferrique

- Sulfate ferrique sec pur $(\text{SO}_4)_3 \text{Fe}_2$: 50 g
- Acide sulfurique 96 % (H_2SO_4) : 109 ml
- Eau distillée : 1000 ml

Solution titrée de MnO_4K à 5 ‰

- MnO_4K : 5g
- Eau distillée : 100ml

Milieu MRS (deMan Rogosa Sharpe)

- Peptone de viande : 10 g
- Extrait de levure : 10 g
- Viande de bœuf hachée : 2 g
- Diacétyl tartarique de sodium : 0,5 g
- Citrate de sodium : 5 g
- Tween 80 : 1 ml
- Sulfate de magnésium : 0,2 g
- Dipotassium phosphate : 2 g
- Glucose : 20 g
- Agar : 15 g (pour solidifier la gélose)

Milieu PCA

- Tryptone : 5 g
- Extrait de viande : 1 g
- Glucose : 1 g
- Chlorure de sodium : 5 g
- Agar : 15 g (pour solidifier le milieu)

Milieu DG18

- Dichloran : 18 g
- Glycerol : 20 ml
- Agar : 15 g (pour solidifier le milieu)
- Eau distillée : 1 litre

Milieu Baird parker :

- Peptone : 10 g
- Extrait de levure : 5 g
- Glycine : 1 g
- Sel de tellurite de potassium : 0,15 g
- Sel d'oxalate de lithium : 0,04 g
- Égg yolk tellurite emulsion (émulsion de jaune d'œuf et de tellurite) : 50 ml
- Agar : 15-20 g (pour solidifier le milieu)
- Eau distillée : q.s.p 1 litre (quantité suffisante pour atteindre 1 litre après dissolution des ingrédients)

Milieu VRBG

- Peptone : 10 g
- Extrait de viande : 5 g
- Extrait de levure : 3 g
- Lactose : 10 g
- Sels biliaires : 1,5 g
- Rouge neutre : 0,03 g
- Violet de cristal : 0,001 g
- Rouge phénol : 0,018 g

- Agar : 13-15 g (pour solidifier le milieu)
- Eau distillée : q.s.p 1 litre (quantité suffisante pour atteindre 1 litre après dissolution des ingrédients)

Annexe 2 : Table de correspondance (Bertrand)

SUCRE INTERVERTI									
KfmO ₄ 0,10 N (en ml)	SUCRE INTERV. (en mg)								
3,0	9,2	8,0	25,5	13,0	42,8	18,0	61,2	23,0	80,6
1	9,5	1	25,9	1	43,1	1	61,6	1	81,0
2	9,8	2	26,2	2	43,5	2	62,0	2	81,4
3	10,2	3	26,5	3	43,9	3	62,3	3	81,8
4	10,5	4	26,8	4	44,3	4	62,6	4	82,2
5	10,8	5	27,2	5	44,7	5	63,0	5	82,6
6	11,2	6	27,5	6	45,0	6	63,4	6	83,0
7	11,5	7	27,9	7	45,4	7	63,8	7	83,4
8	11,8	8	28,2	8	45,7	8	64,2	8	83,8
9	12,1	9	28,5	9	46,0	9	64,6	9	84,2
4,0	12,4	9,0	28,8	14,0	46,4	19,0	64,9	24,0	84,6
1	12,8	1	29,2	1	46,7	1	65,3	1	85,0
2	13,1	2	29,6	2	47,1	2	65,7	2	85,4
3	13,4	3	29,9	3	47,4	3	66,0	3	85,8
4	13,7	4	30,2	4	47,8	4	66,3	4	86,2
5	14,0	5	30,6	5	48,2	5	66,9	5	86,6
6	14,3	6	31,0	6	48,6	6	67,2	6	87,0
7	14,7	7	31,3	7	49,0	7	67,6	7	87,4
8	15,0	8	31,6	8	49,4	8	68,0	8	87,7
9	15,3	9	32,0	9	49,7	9	68,4	9	88,1
5,0	15,6	10,0	32,3	15,0	50,0	20,0	68,8	25,0	88,5
1	16,0	1	32,6	1	50,4	1	69,2	1	89,1
2	16,3	2	33,0	2	50,8	2	69,4	2	89,5
3	16,6	3	33,3	3	51,1	3	69,9	3	89,9
4	16,9	4	33,6	4	51,5	4	70,3	4	90,3
5	17,2	5	34,0	5	51,9	5	70,7	5	90,7
6	17,5	6	34,4	6	52,2	6	71,1	6	91,1
7	17,9	7	34,8	7	52,6	7	71,5	7	91,5
8	18,2	8	35,1	8	53,0	8	71,9	8	91,9
9	18,5	9	35,4	9	53,3	9	72,3	9	92,4
6,0	18,9	13,0	35,8	16,0	53,7	21,0	72,7	26,0	92,8
1	19,2	1	36,1	1	54,0	1	73,0	1	93,2
2	19,5	2	36,5	2	54,4	2	73,4	2	93,6
3	19,9	3	36,9	3	54,8	3	73,9	3	94,0
4	20,2	4	37,2	4	55,2	4	74,4	4	94,4
5	20,5	5	37,5	5	55,6	5	74,6	5	94,8
6	20,8	6	37,9	6	56,0	6	75,1	6	95,3
7	21,1	7	38,2	7	56,3	7	75,5	7	95,7
8	21,5	8	38,6	8	56,6	8	75,9	8	96,0
9	21,8	9	38,9	9	57,0	9	76,3	9	96,5
7,0	22,1	12,0	39,2	17,0	57,4	22,0	76,6	27,0	96,9
1	22,5	1	39,6	1	57,7	1	77,0	1	97,2
2	22,9	2	40,0	2	58,1	2	77,4	2	97,6
3	23,2	3	40,3	3	58,4	3	77,8	3	98,1
4	23,5	4	40,6	4	58,8	4	78,2	4	98,6
5	23,8	5	41,0	5	59,2	5	78,6	5	99,0
6	24,1	6	41,3	6	59,6	6	79,0	6	99,4
7	24,5	7	41,7	7	60,0	7	79,4	7	99,8
8	24,9	8	42,1	8	60,4	8	79,8		
9	25,2	9	42,5	9	60,8	9	80,2		

Résumé

L'objectif de ce travail était de mettre au point une boisson (jus d'orange industriel de l'unité TCHINA) probiotique non lactière adaptée aux personnes intolérantes au lactose et ayant des problèmes liés à la consommation des produits laitiers, et qui répond aux espérances grandissantes des consommateurs à la recherche d'aliments sans conservateurs. Pour cela la souche *Lactiplantibacillus plantarum* F2 a été choisie en raison de son pouvoir de fermentation et ses propriétés bénéfiques pour la santé, après son incorporation dans le jus, un suivi et une comparaison des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du jus fermenté et non fermenté ont été effectués au long d'une période de 70 jours de stockage à 4 °C. Les résultats ont montré une similitude dans la teneur en matière sèche, par contre, une réduction du pH et de la teneur en sucres, et une augmentation des autres paramètres tels que l'acidité, la conductivité électrique ont été remarquées dans le jus fermenté par rapport au jus non fermenté. De plus, le maintien de l'activité antioxydante dans le jus fermenté était plus important comparé au jus non fermenté. Dans le volé microbiologique, la souche probiotique a montré une excellente survie durant la période du suivi arrivant à une charge de 7,38 log UFC/ml à la fin du stockage, en parallèle avec une absence totale des levures et moisissures. De ce fait on peut conclure que le jus d'orange est une matrice alimentaire de qualité pour l'utiliser comme alternative aux produits laitiers.

Mots clés : Jus fermenté ; probiotique ; *Lactiplantibacillus plantarum* F2 ; aliment fonctionnel ; activité antioxydante

Abstract

The aim of this work was to develop a non-dairy probiotic drink (industrial orange juice from the TCHINA unit) suitable for people with lactose intolerance and problems related to the consumption of dairy products, and which also meets the growing expectations of consumers looking for foods without preservatives. The *Lactiplantibacillus plantarum* F2 strain was chosen for its fermentability and health-promoting properties. After incorporation into the juice, physicochemical and microbiological parameters of the fermented and unfermented juice were monitored and compared over a 70-day storage period at 4 °C. The results showed a similarity in dry matter content, but a reduction in sugar content and pH, and an increase in other parameters such as acidity and electrical conductivity were noted in the fermented juice compared to the unfermented juice. In addition, the antioxidant activity in fermented juice was maintained to a greater extent than that in unfermented juice. On the microbiological side, the probiotic strain showed excellent survival during the follow-up period arriving with a load of 7.38 log CFU/ml at the end of storage, in parallel with a total absence of yeasts and molds. From this we can conclude that orange juice is a good alternative food matrix for dairy products.

Key words: Fermented juice; probiotic; *Lactiplantibacillus plantarum* F2; functional food; antioxydante activity

Agzul

Iswi n umahil-a d asbuylu n kra n tissit *Probiotique* ur nelli suyefki (izem n ččina amguran n tdukli TCHINA). D tissit yelhan i yimdanen yesean uguren icudden yer wučči n ifarisen yettwaks-en deg uyefki, d tin yelhan dayen i wid yettnad-in yef tuččit ur yesein ara n ikenmagazen .I waya ccetla n *Lactiplantibacillus plantarum* F2 tettwafren d ssebba n udabu-yines n umeddiw d wayen tesa yelha Imend n tdawsa, Deffir n tmerniwt-ines i yizem ,Ađfař d userwes n imsektayen n tfizikt d takrurat akked imikruyen Izmi n umdal ak d win ur nemdil yettwaxdem deg yiwet n twala n 70 n wussan n usekles ar 4°C. Sbegnent-d ammrws yellan deg tamtta yekkawen, maca deg tama niđen yella-d wektam deg *pH* ak d sker akked tmerniwt n yiyewwaren-nniđen am tmavust ak tawayt n trisiti deg yizem-nni umdal s wassey yer wayeđ. Deg tama n yidis amikřani, negre-d tamawt belli tudert n ccetla n tbaktirit i-nsexde-m d tin yelhan mi tekfa tallit-nni s tteebga n 7, 38 *log ufc / ml*. Ma yla deg tama n temtunt akked tayemmalt igmad sbegnente-d belli ulac. Nezmer ad d-nini belli izem n ččina d amlellay yelhan i-yifarisen yettwaks-en deg yefki.

ملخص

الهدف من هذا العمل يتمثل في تطوير مشروب من غير المنتجات اللبنية يحتوي على بروبيوتيك (عصير البرتقال الصناعي من وحدة تشينا)، مناسب للأشخاص الذين يعانون من حساسية اللاكتوز ومشاكل ذات الصلة بتناول المنتجات اللبنية، والذي يلبى أيضا التوقعات المتزايدة للمستهلكين الذين يبحثون عن أطعمة بدون مواد حافظة. تم اختيار سلالة *Lactiplantibacillus plantarum* بسبب قدرتها على التخمر وخصائصها المفيدة للصحة. بعد دمجها في العصير، تم مراقبة المعلمات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية للعصير المخمر والغير مخمر على مدار فترة التخزين (70 يومًا) في درجة حرارة 4 درجات مئوية. أظهرت النتائج تشابها في محتوى المادة الجافة، ولكن تم ملاحظة تدهور في محتوى السكر وشدة الحموضة وارتفاع في معلمات أخرى مثل كمية الأحماض والناقلية الكهربائية في العصير المخمر مقارنة بالعصير غير المخمر. بالإضافة إلى ذلك تم الحفاظ على النشاط المضاد للأكسدة للعصير مخمر بنسبة أكبر من العصير غير المخمر. من الناحية الميكروبيولوجية، أظهرت السلالة البروبيوتكية نسبة بقاء جيدة في نهاية المتابعة بكمية مقدرة ب 7.38 لوغاريتم (وحدات تكوين الكولونية/ملييلتر)، كما سجل غياب تام للخمائر والعفن. من هذا يمكننا أن نستنتج أن عصير البرتقال هو مصفوفة غذائية عالية الجودة بديلة للمنتجات اللبنية.