

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE-MICROBIOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Thème

**Evaluation de l'activité antioxydante d'une boisson
fermentée Kombucha à base de thé noir**

Présenté par :

- M^{elle} TAHENNI CYLIA
- M^{elle} TATEM RIMA

Devant le jury composé de

- | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-------|--------------|
| - Mme SENANI OULARBI Nassima | Maître de conférences | UMMTO | Présidente |
| - Mme SENOUSSI GHEZALI Chahra | Maître assistante | UMMTO | Examinatrice |
| - Mme SI AHEMD ZENNIA Saliha | Maître de conférence | UMMTO | Promotrice |

Année universitaire : 2022/2023

Remerciement

Tout d'abord je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage, la patience et la volonté afin que je puisse réaliser ce modeste travail

Nous exprimons nos profonds remerciements et notre vive reconnaissance à madame SI AHMED- ZENNIA S, Maître de Conférences en Biochimie Appliquée et Biotechnologies, à l'université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou (UMMTO, de nous avoir encadrées et diriger ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils, ainsi qu'à ses qualités relationnelles et humaines.

On voudrait remercier tous les membres du jury madame SENANI, Maître de conférences à UMMTO et madame SENOUSSI Maître assistante à UMMTO pour leur temps et leur attention consacrés à notre présentation.

et à tous les Enseignants du Département biologie et agronomie qui nous ont fait bénéficier de leurs connaissances et expériences durant les cinq années d'études à l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou .

Dédicaces

A l'aide de Dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :

A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

A mon père

A mes frères SAID, RABAH et ABD REZZAK

A mon binôme RIMA

A mes amis

A tous ceux que j'aime

Merci à tous ! Que Dieu vous bénisse

TAHENNI C

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents pour leur soutien, leur patience, leur encouragement durant mon parcours scolaire.

A mon mari pour son soutien inestimable et ces conseils, à mon petit Frère, ainsi à toute ma famille.

A mon binôme Cylia, A mes amis et a tous ceux que j'aime.

TATEM R

Liste des figures

N°	Intitulé	Pages
01	Le théier camellia sinencis.	02
02	Le thé noir.	04
03	Le thé vert.	05
04	Le thé oolong.	05
05	Les principaux pays producteurs du thé.	08
06	Photographie du kombucha.	10
07	Schéma du mode d'emploi de la fermentation du kombucha.	17
08	Les valeurs nutritionnel pour 100 ml du kombucha commercialisé	17
09	Photographie d'un Kombucha moisi.	19
10	Les effets associés a la consommation du kombucha	20
11	Le thé noir « ADAM » commercialisé.	21
12	Photographie du Kombucha « SCOBY » avec 10 % du starter.	22
13	Photographie de la partie la plus lisse du SCOBY, brillante et la partie granuleuse du SCOBY.	23
14	Diagramme de fabrication du kombucha.	24
15	Protocole du dosage des polyphénols totaux (singleton et Rossi, 19965).	27
16	Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.	28
17	Réduction de DPPH par un antioxydant.	29
18	Protocole de piégeage du radical libre DPPH (Sanchez-Moreno et al , 1998).	30
19	Photographie de la couleur du kombucha au 1 ^{er} jour (A) et après 13j de fermentation (B).	32
20	Cinétique d'évolution du % d'inhibition du DPPH au cours de la fermentation .	35

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Pages
I	Rôles des vitamines dans le thé	07
II	Valeurs nutritionnelles et calorique du thé	07
III	Les résultats du pH du thé Kombucha	31
IV	Les valeurs des polyphénols totaux au fil du temps	32
VI	Activité antioxydante du thé Kombucha exprimes en % d'inhibition	34

SOMMAIRE

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01

I. Synthèse Bibliographique

1. Généralité sur le thé	02
1.1. Historique : le théier	02
1.2. Classification botanique du thé	03
1.3. Propriétés physico-chimiques du thé	03
1.3.1. Les différents types de thé et leur préparation	04
1.3.2. Les vertus du thé liées à ses compositions chimiques	06
1.3.3. Consommation de thé dans le monde	08
2. Généralité sur le Kombucha	09
2.1. Histoire du Kombucha	09
2.2. Définition	10
2.3. SCOBY	10
2.3.1. Présentation du ferment	10
2.3.2. multiplication	10
3. Processus de fermentation	11
3.1. Facteurs influençant la fermentation du Kombucha	11
3.1.1. Le substrat	11
3.1.2. Temps de fermentation	12
3.1.3. La température	12
3.1.4. Le pH	12
3.1.5. Condition d'hygiène	13
4. Processus de fabrication artisanale du kombucha	13
5. Caractéristique organoleptique	15
5.1. L'apparence	15
5.2. Le gout	15
5.2.1. Douceur	15
5.2.2. Acidité	15
5.2.3. Éthanol	16
5.2.4. Carbonatation	16
6. La conservation	17
7. Duré de vie	18
8. Les principales difficultés rencontrées	18
8.1. Concernant la boisson	18
8.2. concernant le ferment	18
9. Les bienfaits du Kombucha sur la santé	19

II. Partie Expérimentale

1. Matériel et méthodes	
1.1. Matériel	21
1.2. Méthodes	23
1.2.1. Condition de production de la boisson	24
1.2.2. Les caractères physico-chimique de la boisson	25
1.2.2.1. Mesure du pH	26
1.2.2.2. Dosage des polyphénols totaux.....	26
2.2.3. Cinétique de la fermentation	28
1.2.2.4. Evaluation de l'activité antioxydante de la boisson	28
III. Résultats et discussion	31
Conclusion	37
Références Bibliographiques	38

Résumé

Les aliments fermentés sont des aliments qui ont subi un processus de fermentation par des micro-organismes tels que des bactéries, des levures ou des moisissures. Ce processus biochimique permet de produire de nouvelles molécules et de conserver les aliments plus longtemps.

Les aliments fermentés sont plus qu'une tendance culinaire, car ils sont bénéfiques pour la santé. Parmi les aliments fermentés, cinq sont considérés les plus connus pour leurs atouts santé : le kéfir, les légumes lacto-fermentés, les produits fermentés à base de soja, le pain au levain et le kombucha

Le kombucha est une boisson au thé fermentée qui est fabriquée en ajoutant un SCOBY (Culture Symbiotique de Bactéries et de Levure) au thé sucré. Le SCOBY fait fermenter le thé sur une période de 7 à 10 jours, produisant une boisson légèrement acide et effervescente riche en probiotique et en antioxydants.

Notre travail qui a pour objectif de caractériser cette boisson montre que la teneur en polyphénols ainsi que la concentration d'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH du kombucha augmentent avec le temps au cours du processus de fermentation, indiquant une augmentation de ses propriétés antioxydantes. Ceci montre que le processus de fermentation produit des composés bénéfiques tels que les polyphénols et les probiotiques. A base de ces résultats nous proposons le Kombucha comme boisson saine alternative aux sodas et autre boissons sucrées.

Mots Clés : Kombucha, thé, Boisson fermenté, activité antioxydante.

Abstract

Fermented foods are foods that have undergone a process of fermentation by microorganisms such as bacteria, yeasts or molds. This biochemical process makes it possible to produce new molecules and keep food longer. Fermented foods are more than a culinary trend; because they are beneficial to health. Here are five fermented foods known for their health benefits: kefir, lacto-fermented vegetables, fermented soy products, sourdough bread and kombucha.

Kombucha is a fermented tea drink that is made by adding a SCOBY (symbiotic culture of bacteria and yeast) to sweetened tea the SCOBY ferments the tea over a period of 7-10 days , producing a slightly acidic and effervescent drink rich in probiotic and antioxidants ,

Our work which aims to characterize this drink shows that the polyphenol content as well as the concentration of antioxidant activity by trapping the DPPH radical of kombucha increase over time during the fermentation process, indicating an increase in its antioxidant properties. This shows that the fermentation process produces beneficial compounds such as polyphenols and probiotic .Bases on these results we offer Kombucha as a healthy alternative drink to sodas and other sugary drinks.

Key words: Kombucha, tea, fermented drink, antioxidant activity

Introduction

Le thé occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population mondiale, de nombreux chercheurs se sont prononcés très favorablement sur les avantages nutritionnels des produits fermentés qui jouissent d'une grande vogue, leur « image santé » étant nettement positive. Néanmoins, la base scientifique de ces affirmations et, en particulier, de leur influence sur la santé de l'homme, n'est pas fermement établie.

Parmi ces produits, le Kombucha, doit sa particularité et son goût spécifique à une association de bactéries et de levures appelée SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast), cette association est unique et ne peut être reproduite seulement dupliquée.

C'est une boisson fermentée à base de thé sucré obtenue grâce à l'action d'un SCOBY, son goût est acidulé, sucré et pétillant, similaire au cidre de la pomme pétillant. La dépendance de la saveur du thé, des plantes et des fruits qui ont été utilisés au cours de la fermentation, le goût peut également varier en fonction de la durée de fermentation et des conditions de stockage

Cette boisson est riche en antioxydants tel que les vitamines C et B2, les polyphénols comme les catéchines et certains acides organiques produits pendant la fermentation.

Dans cette optique, nous avons initié ce travail visant à étudier les paramètres physicochimiques et biochimiques du thé fermenté

L'objectif de notre étude consiste à évaluer l'activité antioxydante de la boisson Kombucha lors de la fermentation et optimiser les conditions de fermentation

Les résultats de cette étude pourraient aider à mieux comprendre les changements chimiques qui se produisent dans le Kombucha au fil du temps et à optimiser le processus de fermentation pour obtenir une boisson avec des propriétés antioxydantes intéressantes.



Partie I
Synthèse Bibliographique

1. Généralité sur le thé

1.1. Historique sur le théier

Le thé a été connu il y a environ 5000 ans. Il aurait été découvert par l'Empereur Shen-Nung aux alentours de 2740 avant J.C. Le thé est originaire de l'Asie du Sud Est. L'aire d'origine serait localisée dans la région englobant les hautes vallées du Brahmapoutre, de l'Irrawaddy, du Salween et du Mékong, à la frontière séparant l'Inde, la Chine et la Birmanie.

Pendant plusieurs siècles, les Chinois ont bénéficié d'un quasi-monopole sur la production de thé en gardant le secret de la transformation des feuilles et en donnant foi à la légende qui consistait à dire que plusieurs types de théiers étaient nécessaires pour produire les différentes sortes de thé (noir, vert, blanc, oolong...).

Le thé a été utilisé comme boisson par les Chinois dès le VIIème siècle avant J.C. Sa culture a été introduite au IXème siècle au Japon. Il fait également partie de la pharmacopée traditionnelle de la médecine ayurvédique (originaire de l'Inde) et de la médecine Chinoise.

Les Européens ne découvrirent le thé qu'au XVIIème siècle et entreprirent d'abord sa culture en Inde, à Java et à Ceylan. Il s'agit de la variété Assam et de ses hybrides qu'on trouve aussi en Afrique, en Amérique du Sud, en Australie, et même en Russie et au Moyen orient.

En 1843, l'aventurier et naturaliste écossais Robert Fortune parvint à prouver que le thé, quelle que soit sa couleur provenait d'un seul et même arbre le *Camellia sinensis* (Figure 1).



Figure 1 : Le théier *Camellia sinensis* (Ranaivosoa, 2007)

1.2. Classification botanique du thé

Le théier appartient au genre *Camellia* L. Sa première description est due à KAEMPFER qui en 1712 lui donne le nom de *Thea japonense*. C'est LINNE en mai 1753 qui l'appelle *Thea sinensis*. En 1959, le nom *Camellia* a été préféré à celui de Théa pour nommer le genre.

➤ Systématique du théier

- **Règne** : VEGETAL
- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous- embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous- classe** : Dillenidées
- **Ordre** : Theales ou Guttiferales
- **Famille** : Théacées ou des Ternstroemiacées
- **Genre** : *Camellia* ou Theaceae
- **Espèce** : *Sinensis* variétés : Assam, v. Bohea, v. Cambodiensis

Le thé se distingue trois formes de cette espèce cultivées dans le monde entier :

- Le *Camellia sinensis assamica* (Assam),
- Le *Camellia sinensis sinensis* (Yunnan)
- Le *Camellia sinensis cambodiensis*.

1.2.1. Les différents types de thé et leurs préparations

le thé est la boisson la plus consommée dans le monde après l'eau . Plus de 14.000 tasses de thé sont bues chaque seconde dans le monde, ce qui donne le chiffre colossal de 700 milliards de tasses par an. Le thé est remis à l'honneur aujourd'hui grâce à ses nombreuses vertus. (Ranaivosoa , 2007)

Tous les thés proviennent d'un même buisson à feuilles persistantes appartenant à la famille des *Camellia sinensis* (théier). Cet arbuste produit des feuilles qui sont ensuite traitées de différentes façons, pour devenir l'un des trois grands types de thé, qui sont :

- **Les thés verts** : ils produisent une infusion à la saveur souvent amère et de couleur très claire. Ils sont faits de feuilles séchées, roulées, coupées et légèrement torréfiées pour éviter leur fermentation.
- **Les thés noirs** : ils sont composés de feuilles plus âgées qui sont roulées, séchées puis subissent une longue fermentation qui permet de libérer les tannins en donnant à ces thés un goût puissant et une superbe teinte cuivrée.
- **Les thés oolong** : ils se situent entre les thés noirs et les thés verts. Partiellement fermentées, leurs feuilles sont d'un noir verdâtre, et donnent une infusion vert claire, légèrement cuivrée.

1.2.2. Les différentes étapes de préparation de chaque type de thé

- **Thé noir**

Dans le traitement du thé noir, les feuilles vertes cueillies sont desséchées pendant plusieurs heures afin de réduire leur humidité. Elles sont ensuite roulées dans des rouleaux mécaniques pour les broyer en morceaux. Ce traitement commence par une série de réactions chimiques qui sont catalysées par l'enzyme des feuilles. Ces réactions chimiques peuvent prendre place dans la phase suivante nommée : oxydation ou fermentation. La principale réaction est la transformation de la « catéchine » (flavonols), composant principal de la feuille, en des substances connues sous les noms de « théaflavines » et « théarubigines » qui sont responsables du goût et des caractéristiques du thé noir (Ranaivosoa , 2007), (Figure 2).



Figure 2 : Le thé noir

- **Thé vert**

Dans la production du thé vert, les feuilles vertes cueillies sont exposées à l'action d'une température élevée de la vapeur ou bien de tôles réchauffées afin de réduire l'humidité. L'oxydation ou la fermentation est évitée dans la fabrication du thé vert, car peut inactiver les enzymes. Ainsi, la composition chimique du thé vert est identique à celle des feuilles de thé bien fraîches. Notons que le thé vert est produit à moindre quantité par rapport au thé noir, vu que sa fabrication nécessite plusieurs étapes, dont :

- le fletrissage : les feuilles sont étalées sur des grands séchoirs horizontaux et perdront près de 30% de leur contenu en eau par aération ventilée ;
- le roulage : consiste à broyer les feuilles pour les réduire en fines boulettes ;
- le séchage ou torréfaction : le thé passe dans le four durant une quinzaine de minutes à une température très élevée (250° Fahrenheit) ;
- triage : le thé est alors défibré puis calibré avec des tamis (Figure 3).



Figure 3 : le thé vert

- **Thé semi-fermenté ou Oolong**

Thé d'origine Chinoise, ou Taiwanaise (Formose), couramment appelé Oolong. Ils sont également désignés en Chine grâce à leur couleur : « thé bleu-vert ». Son processus de fabrication est identique à celui du thé noir, mais il subit une fermentation incomplète.

Les feuilles sont d'abord flétries au soleil afin de démarrer la fermentation, puis brassées dans une pièce chaude (25 °C) et humide (85 %). Plus cette étape est longue, plus l'oxydation sera importante. La fermentation est ensuite stoppée par chauffage dans une bassine en fer (Ranaivosoa , 2007) (Figure 4).



Figure 4 : Le thé oolong

1.2.3. Les vertus du thé liées à ses compositions chimiques

Le thé est la boisson la plus consommée dans le monde, importées de l'Asie, les thés noirs, verts, ou semi fermentés, toutes ces petites feuilles sont appréciées pour leurs qualités gustatives mais aussi leurs réelles vertus médicinales.

Aujourd'hui, des études scientifiques confirment ce que la tradition et les anciens avaient constaté de façon empirique : le thé, que Lao Tseu qualifiait déjà d'élixir d'immortalité, possède des vertus très intéressantes pour la santé.

Une simple tasse de thé est un mélange complexe de plus de 500 substances actives. L'absorption est recommandée pour le traitement de nombreuses affections. Aujourd'hui, il semble que les scientifiques occidentaux reconnaissent ces vertus médicales, en effet ces propriétés découlent des composants chimiques que le thé contient. Citons :

- **Théine** : C'est un alcaloïde que contiennent les feuilles du thé. Il stimulerait l'état d'éveil en excitant les centres nerveux et aurait une action diurétique et renforcerait la fonction cardiaque.
- **La théobromine** a l'action diurétique douce,
- **La théophylline** a des propriétés tonocardiaques par vasodilatation coronarienne, analeptique respiratoire par vasodilatation des bronches, diurétique et antispasmodique.
- **Polyphénol** : c'est un nutriment antioxydant, et c'est le thé vert qui en contient le plus. Selon sa qualité et son mode de préparation, la teneur en polyphénols varie entre 80 mg et 120 mg par tasse. Ils sont réputés pour leur action neutralisante contre les attaques des radicaux libres sur les cellules du corps (défense de l'organisme) entraînant le vieillissement.
- **Les tannins et les flavonoïdes (catéchols)** : libérés par les feuilles au cours de l'infusion, ils ont une puissante action antioxydante.

Ces composants, très bénéfiques pour la santé, jouent divers rôles :

- réduction de l'oxydation, diminution du cholestérol et des triglycérides ;
- diminution du taux de glucose dans le sang ce qui est bon pour le traitement du diabète et de l'obésité ;
- contribution à maintenir la graisse circulant dans le sang à un niveau normal ;
- lutte contre les bactéries et les virus en les tuant ou en empêchant leurs mutations : grippe, bactéries cariogènes ;
- réduction des tumeurs de l'incidence du cancer ;
- inhibition de l'augmentation de la pression sanguine et l'augmentation de la glycémie - aide à la vasodilatation des vaisseaux sanguins ;
- les tannins du thé auraient un effet antidiarrhéique.

Le thé contient des enzymes anticoagulantes qui :

- assure la fluidité du sang ;
- ralentit l'assimilation des sucres et graisses ;
- combat les effets de l'alcool (un thé fort dégrise) ;
- contrôle l'hypertension ;
- empêche les intoxications alimentaires ;
- maintient une juste hydratation du corps ;

- élimine de 20 à 30% le strontium 90 (radioactivité, retombées radioactives) contenu dans l'organisme ;
- prévient partiellement l'absorption de radiations, par son action antioxydant. Il protégerait des attaques cérébrales, etc.

Le thé conserve la vitamine A, les vitamines de groupe B, les vitamines C, E et le pp dont les rôles sont résumés dans le tableau I qui suite.

Tableau I : Rôles des vitamines dans le thé (Ranaivosoa , 2007)

Vitamines	Fonctions
A	Prévient la cécité et jouerait un rôle dans la croissance
B1	Entretient le système nerveux, le cœur et l'appareil digestif
B2	A une action générale sur les tissus
B5	Nécessaire au bon état de la peau, des muqueuses et des cheveux.
B3 et B11	Renforcent le métabolisme lipidique de l'organisme
C	Stimule les défenses de l'organisme
PP	Donne la résistance à la peau, cheveux et renforce les tissus sanguins.

Tableau II : Valeurs nutritionnelles et calorique du thé

Pour 100 ml de thé infusé, non sucré (Catherine,2021)

Nutriments	Teneur moyenne
Energie	0,063Kcal
Eau	99,8 g
Protéines	0g
Glucides	0g
Lipides	0,007g
Calcium	0,2 mg
Cuivre	0,018 mg
Fer	0,015 mg
Iode	0,22 µg
Magnésium	2 mg
Manganèse	0,19 mg
Phosphore	1 mg
Potassium	25,5 mg
Sélénium	0,05 µg
Sodium	1,65 mg
Zinc	0,025 mg
Vitamine B2 ou Riboflavine	0,015 mg
Vitamine B3 ou PP ou Niacine	1 mg
Vitamine B5 ou Acide pantothénique	0,011 mg
Vitamine B9 ou Folates totaux	4,95 µg

1.3.3. Consommation du thé dans le monde

Le thé est aujourd’hui produit dans de nombreux pays et principalement en Inde et en Chine. Voici par ordre d’importance, en pourcentage de la production mondiale les pays producteurs de thé : Inde (34%), Chine (19%), Sri Lanka (11%), Kenya (10%), Japon (6%), Bangladesh (5%), Indonésie (5%), Turquie (2%), Iran (1%), Argentine (1%), Malawi (1%), Taiwan (1%), Georgie (1%), Mozambique (1%) (Figure 5).

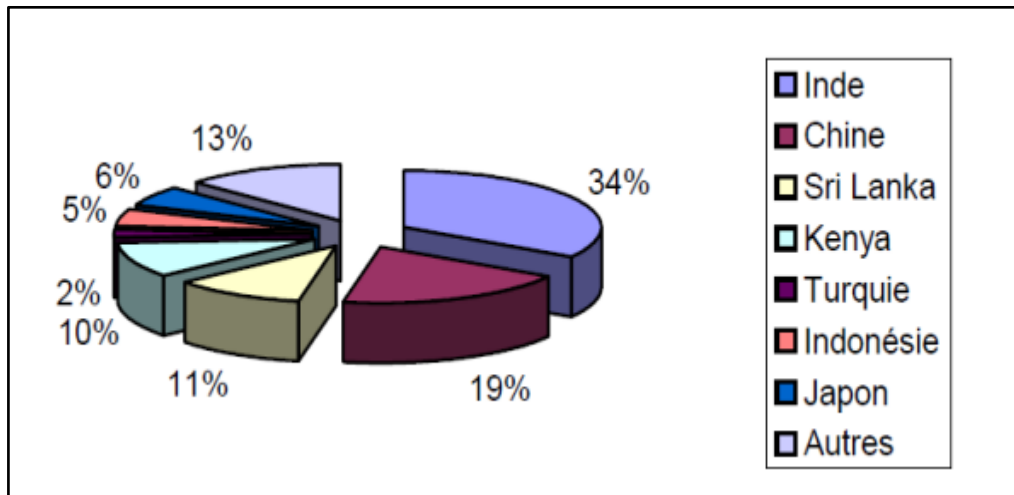


Figure 5 : Principaux pays producteurs du thé

2. Le Kombucha

2.1. Généralité sur le Kombucha

Le Kombucha, appelé également champignon de longue vie, a vu le jour il y a plus de deux mille ans, probablement en Chine. C'est le résultat d'un jeu mystérieux de la nature sur une préparation de thé sucré.

Les multiples microorganismes qui ont produit une fermentation de ce thé lui ont conféré des qualités énergétiques et diététiques inestimables.

Le ferment kombucha appelée mère, identifiable sous la forme d'une galette gélatineuse, a permis de reproduire cette fermentation du thé sucré au point de pouvoir étendre la préparation de la boisson à travers toute l'Asie et traverser les âges pour parvenir jusqu'à nous vingt siècles plus tard. Les vertus du kombucha sur notre santé ne sont plus à démontrer, tant cette boisson a fait l'objet d'études cliniques ou épidémiologiques et microbiologiques.

A partir de 1950 à Moscou le laboratoire central de recherche sur les maladies tumorales et l'académie des sciences lancent une enquête à grande échelle pour dépister les régions à risque environnemental avec des pollutions industrielles multiples et cherchent scrupuleusement pourquoi certains ilots de population échappent aux pathologies cancéreuses malgré des risques importants liés à la présence d'amiante, de plomb et de mercure.

Il ressort de ces études que le kombucha semble être le facteur majeur de protection vis-à-vis des cancers dans ces régions où les habitants préparent et boivent depuis longtemps le kombucha chez eux; la seule population touchée est d'ailleurs d'installation récente dans ces lieux. Les microorganismes constituant le kombucha ont des effets très bénéfiques sur les consommateurs de la boisson et principalement au niveau de leur intestin; ils luttent contre la flore pathogène, s'implantent pour un temps, favorisant la production de vitamine C et des vitamines du groupe B.

Le ferment est répertorié comme probiotique. Les acides organiques produits par la fermentation du sucre aident à la détoxification de notre organisme et stimulent notre immunité naturelle. Le métabolisme du sucre, du cholestérol et de l'acide urique est très amélioré (abaissement des taux de glycémie et de cholestérolémie, traitement de la goutte). Les acides issus de la fermentation du saccharose par le kombucha sont principalement:

- l'acide gluconique, sa synthèse par une bactérie du kombucha limite la fermentation alcoolique qui reste inférieure à 1° d'alcool par litre.
- l'acide glucuronique, précurseur de la vitamine C il permet par sa conjugaison à des substances chimiques ou des métaux lourds leur élimination par voie intestinale et urinaire.
- l'acide lactique, dans la forme optique produite par la fermentation a des propriétés antibiotiques bénéfiques pour l'intestin et des propriétés de détoxification

2.2. Définition

Le kombucha est une boisson traditionnelle fermenté à base de thé principalement le thé noir (ou d'une autre base de thé telle que le thé vert ou le thé bleu), de sucre et d'une culture symbiotique de bactéries et de levures (SCOBY).

Le ferment kombucha ressemble à une membrane gélatineuse plus ou moins épaisse qui prend la forme de son contenant. Il ressemble à un crêpe beige légèrement collante et caoutchouteuse, d'environ 8 à 10 mm d'épaisseur selon son âge. Le périmètre sera le même que le conteneur dans lequel il se trouve (Figure 6).

Bien que la boisson soit principalement à base de thé, il est également possible de trouver d'autres variantes qui incorporent de la mélisse, de la menthe poivrée et du jasmin. Le kombucha a un goût très défini, un mélange aigre mais légèrement sucré, souvent avec des notes de fruits variés



Figure 6 : Photographie du Kombucha

2.3. La culture symbiotique SCOBY

La culture symbiotique de bactéries et de levures (SCOBY) est un biofilm cellulosique dérivé de la fermentation précédente du thé. La culture est piégée dans un biofilms de cellulose naturellement flottants appelés pellicules, qui se développe généralement dans des conditions aérobies pendant 7 à 20 jours. Le produit final est riche en acides organiques et en dioxyde de carbone.

Le biofilm est clairement visible sous la forme d'une fine couche flottant au-dessus du bassin au début de la fermentation. Tout au long du processus de fermentation, de minuscules filaments de cellulose produits par les bactéries remontent à la surface du liquide et s'y accumulent. L'accumulation des filaments crée plusieurs couches "empilées" qui flottent au-dessus de la boisson.

Les bactéries vivant dans le biofilm épais fournissent un premier mécanisme de défense contre les bactéries environnementales et permettent le stockage des ressources. Le biofilm

constitue une barrière à la diffusion des antibiotiques en raison de la composition innée de la viscosité de la cellulose qui contribue finalement à protéger le kombucha des bactéries externes.

Pendant la fermentation, le SCOBY prend une forme plus prononcée, comme le dessus d'un champignon. La texture est dense et gélatineuse, et elle produit une odeur de vinaigre, Cette odeur du vinaigre est un bon indicateur de la santé d'un SCOBY, tandis que toute odeur désagréable ou moisie peut signifier que le SCOBY est en train de pourrir ou d'être contaminé

3. Processus de fermentation du Kombucha

Naturellement, le Kombucha se développe par couches successives. La mère est la couche inférieure et le juvénile est la couche supérieure. L'environnement propice à sa survie, à son développement et à sa reproduction est la solution nutritive du « thé sucré ».

La durée de vie moyenne d'un Kombucha est d'environ trois mois. Progressivement, sa couleur s'assombrit jusqu'à ce qu'elle vire au brun, puis sa texture devient spongieuse. En trois mois, un champignon "mère" produit de nombreux descendants. Son milieu acide le préserve et le protège des bactéries, levures et moisissures concurrentes.

Les bactéries acétique (*Acétobacter aceti*, *Acétobacter pasteurianus*, *Gluconobacter oxydans*) et différentes souches de levure (*Saccharomyces sp.*, *Zygosaccharomyces kombuchaensis*, *Toruposis sp.* *Pichia sp.*, *Brettanomyces sp.*) ont été utilisés dans le processus de fermentation pour créer une relation symbiotique capable d'inhiber la croissance et la contamination par des microorganismes pathogènes.

Après un cycle de fermentation de 9 jours, la concentration totale de bactéries et de levures dans le kombucha atteint $10^6 - 10^8$ UFC mL⁻¹. Plusieurs études ont montré que les levures seront également plus nombreuses que les bactéries dans le kombucha une fois le cycle de fermentation terminé.

3.1. Facteurs influençant la fermentation du Kombucha

Parmi les aliments traditionnellement fermentés, le Kombucha est une boisson fermentée populaire. Les recettes de fabrication du Kombucha peuvent varier considérablement en fonction de facteurs tels que la quantité et le type de thé utilisé, la quantité de sucre ajouté, la culture du démarrage, le temps et la température de fermentation.

3.1.1. Le substrat

Le Kombucha traditionnel est fabriqué à partir de thé noir, vert ou bleu comme substrat de base. Il convient de noter que le kombucha peut être préparé avec d'autres substrats tels que le vin, le lait, les jus de fruits et les infusions à base de plantes. Chacun ayant des avantages nutritionnels et sanitaires.

Le thé lui-même doit être sucré, généralement avec du saccharose comme substrat de fermentation pour la levure. La levure hydrolyse le saccharose en glucose et fructose à l'aide de l'invertase située dans le périplasma de la levure. En règle générale, 50 grammes de saccharose par litre d'eau suffisent pour une fermentation réussie. Le glucose et le fructose sont fermentés par la levure en éthanol, dioxyde de carbone et glycérol. Les bactéries

acétiques convertissent ensuite l'éthanol en acide acétique, ce dernier stimule à son tour la production d'éthanol par les levures.

3.1.2. Le temps de fermentation

Le temps de fermentation associé au Kombucha varie de 7 à 60 jours, mais le temps de fermentation moyen est de 15 jours. Le degré réel d'activité dépend de la durée de la culture starter et du temps de fermentation, ce qui affectera le type de métabolites produits.

Bien que l'augmentation du temps de fermentation du kombucha ait entraîné des concentrations plus élevées d'antioxydants, des temps de fermentation prolongés ne sont pas recommandés en raison des niveaux potentiellement nocifs d'acides organiques dans la consommation directe.

Des temps de fermentation prolongés peuvent également créer un environnement inhospitalier en raison de l'accumulation de nutriments vitaux qui affament les micro-organismes de l'intérieur. Le temps de fermentation déterminera non seulement la concentration et le type de nutriments produits par les micro-organismes, mais affecte également les composés de saveur et d'arôme produits ; la boisson commence à sentir mauvais et à avoir un goût de vinaigre.

3.1.3. La température

Comme pour toutes les fermentations, le maintien d'une température de fermentation optimale est nécessaire pour atteindre la concentration microbienne idéale pour le processus de fermentation et l'activité enzymatique, résultant en le meilleur produit possible.

La température est extrêmement importante et le substrat de fermentation doit atteindre au moins 20°C pour démarrer avec succès la fermentation. La plage de températures de fermentation idéale pour le kombucha varie de 22°C à 30°C. Il a été constaté qu'en augmentant la température de fermentation du kombucha, des concentrations plus élevées d'acides et de métabolites ainsi que de vitamine C étaient produites.

Malheureusement, si la température de fermentation est trop élevée, de fortes concentrations d'éthanol et d'acide acétique seront produites, résultant en un produit acide non propre à la consommation.

3.1.4. Le pH

Certains acides organiques (acides acétique et gluconique) produits pendant la fermentation peuvent affecter l'activité biologique de certains micro-organismes, faisant du pH un paramètre environnemental important.

Le pH est connu pour affecter le taux de croissance des micro-organismes en fermentation et entraîner des changements structurels dans les composés phytochimiques présents dans le kombucha qui affectent l'activité antioxydante.

Le pH global de la boisson ne doit pas descendre en dessous de 3, ce qui se trouve dans le tractus gastro-intestinal. Cependant, si le pH est trop bas, la boisson devient trop acide pour que quiconque puisse en profiter de sa consommation.

Lorsque l'acidité titrable (AT) atteint la concentration optimale de 4 à 5 g/L, il convient d'arrêter le processus de fermentation. Cependant, le temps nécessaire pour atteindre le niveau AT souhaité peut varier en fonction de la culture starter utilisée et des paramètres de fermentation cités précédemment.

3.1.5. Les conditions d'hygiène

Comme pour toute production alimentaire, la propreté est importante, ainsi que des ustensiles désinfectés et un espace de travail propre.

Pour des raisons d'hygiène, le kombucha est généralement fermenté dans du verre de qualité alimentaire ou de l'acier inoxydable. Comme pour toute fermentation, il est important de contrôler la production d'acides organiques, surtout lorsqu'il s'agit de kombucha. La plupart des fabricants, grands ou petits, veulent maintenir le pH de leur kombucha autour de 4,2, sinon une surproduction d'acide acétique peut être contre-productive

D'autres mesures de sécurité alimentaire, telles que la pasteurisation, la réfrigération et l'utilisation de conservateurs, tels que le benzoate de sodium et de potassium, sont utilisées par l'industrie pour contrôler et inhiber la croissance des micro-organismes qui restent dans le kombucha après le processus de fermentation. La raison de ces mesures est d'empêcher la production excessive d'alcool et de dioxyde de carbone par les levures et les bactéries restantes après le processus d'emballage (Watawana *et al.*, 2015).

L'hygiène est également extrêmement importante pour empêcher la croissance de bactéries nocives. Bien que le faible pH du kombucha ait la capacité d'inhiber de nombreuses bactéries pathogènes, a rapporté que *Bacillus anthracis*, *Penicillium* et *Aspergillus* ont été trouvés dans le kombucha en raison de conditions de fermentation insalubres.

4. Processus de fabrication artisanale du kombucha

4.1. Fabrication de la boisson kombucha

Le processus de fabrication du kombucha est très simple (Figure 7). Tout d'abord, les feuilles de thé doivent être infusées pendant le temps prescrit (environ 5 à 10 minutes). Ajoutez ensuite le sucre à la solution de thé chaud.

Une fois que le mélange thé/sucre a complètement refroidi à température ambiante, le SCOBY peut être ajouté et 100 à 200 ml d'un lot de kombucha ou de vinaigre préalablement fermenté pour inoculer un nouveau lot.

L'ajout de kombucha ou de vinaigre préalablement fermenté fait chuter le pH initial de la solution de thé, inhibant ainsi la détérioration et la croissance de micro-organismes pathogènes. Le mélange de kombucha est ensuite recouvert d'un chiffon ou d'une serviette propre pour éviter toute contamination et laissé fermenter à température ambiante (18–30 °C) pendant 7 à 10 jours.

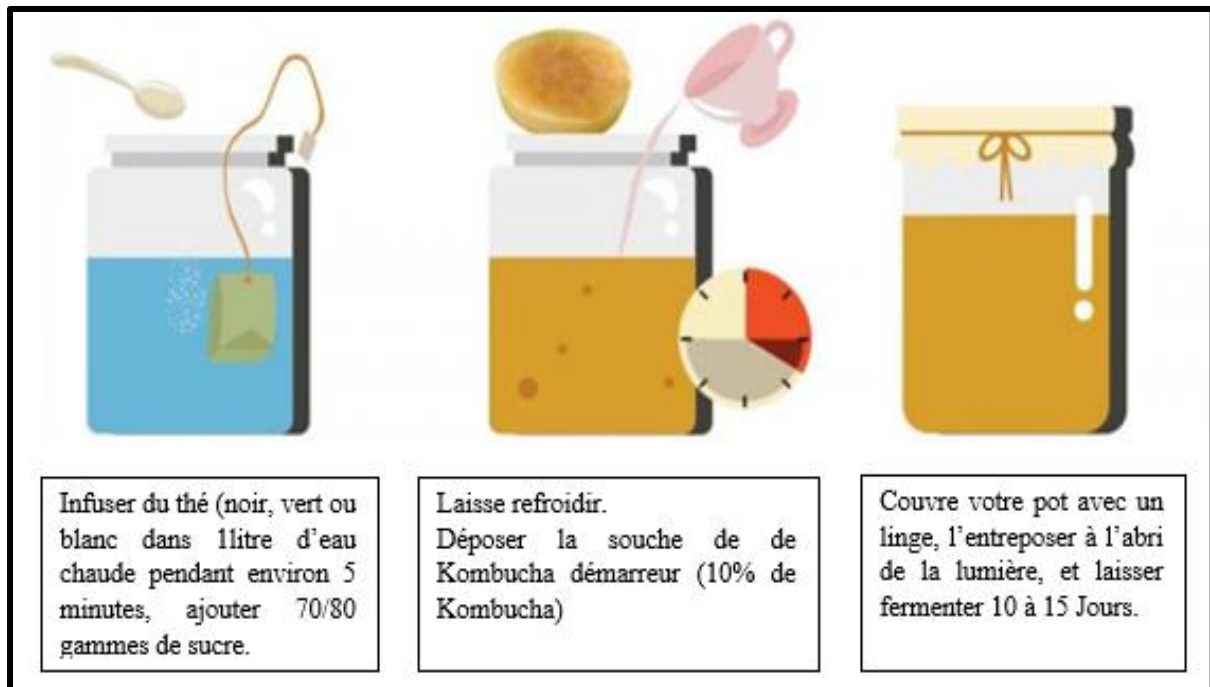


Figure 7 : Schéma du mode d'emploi de la fermentation du Kombucha

4.2. Fabriquer sa propre souche de kombucha ou scoby

Il faut avoir une « souche » ou « scoby » pour fabriquer son kombucha et si vous n'avez pas trouvé, voici comment le fabriquer vous-même.

La seule condition préalable est de trouver du kombucha (la boisson) naturel frais

Matériel et ingrédients nécessaires :

- Une petite bouteille de kombucha non pasteurisé et non aromatisé (en vente en magasin bio : vérifier l'étiquette, il doit être le plus frais possible).
- 10 g de sucre blanc en poudre.
- De l'eau de source ou filtrée (la qualité de l'eau est primordiale)
- Thé noir bio non aromatisé.
- Un bol d'une contenance de plus de 300 ml
- Cuillère en bois (le scoby n'aime pas le métal)

La recette :

1. Versez 100 ml de kombucha dans le bol, mélanger avec 5 g de sucre blanc et couvrez d'une mousseline ou d'une compresse.
Laissez 6 à 10 jours à température ambiante (selon la chaleur : plus il fait chaud plus le scoby apparaîtra vite). Un voile gélatineux va se former à la surface. Attendez qu'il soit épais de quelques millimètres pour pouvoir le manipuler : c'est un bébé scoby.
2. Faites fondre 5g de sucre blanc dans 100 ml d'eau bouillante.
Arrêtez le feu et laissez infuser une pincée de thé noir dans l'eau chaude durant 10 min. Retirez le thé et laissez complètement refroidir.
3. Soulevez délicatement le SCOBY avec une cuillère en le décollant délicatement des bords, le réserver dans une assiette, conserve le liquide du bol (ne le jetez pas). Ajouter

le thé froid dans le bol et remettez le scoby en culture pour 6 à 10 jours. Le scoby va flotter en surface.

4. Lorsque le liquide commence à devenir légèrement acide et pétillant : goûtez, votre première boisson de kombucha est prête. Et vous avez une « mère » toute neuve pour faire votre kombucha. Elle se renforcera au cours des utilisations et fera des petits que vous pourrez donner.
5. Si vous voulez mettre au repos votre mère, préparez un thé très sucré (faites chauffer 500 ml d'eau dans lequel vous ferez fondre 220 g de sucre et infusez 10 g de thé pendant 3 minutes), enlevez le thé et laissez refroidir, ajoutez 50 ml de kombucha et déposez le scoby dans un récipient hermétique de au moins 700 ml de contenance. Vous pourrez le conserver ainsi au réfrigérateur durant environ 2 mois. (pacale, 2020)

5. les caractéristiques organoleptiques

5.1. L'apparence

La couleur du kombucha dépend de la couleur du thé utilisé pour le préparer. Le kombucha peut être préparé avec différents types de thé, comme le thé noir, le thé vert, le thé oolong, et chacun de ces thés à une couleur différente.

Par exemple, le kombucha préparé avec du thé noir aura une couleur brune avec des tons ambrés et jaunes, tandis que le kombucha préparé avec du thé vert aura une couleur plus claire, jaune-vert.

La couleur du kombucha peut également être influencée par la concentration en polyphénols, peu de chercheurs se sont concentrés sur la couleur du kombucha, mais deux études ont rapporté une diminution significative de la couleur avec l'augmentation de la concentration phénolique totale (Chakravorty *et al.*, 2016). Par conséquent, on pense que les polyphénols du thé dans le kombucha sont responsables de la majeure partie de la couleur (Tran *et al.*, 2020).

5.2. Le gout

5.2.1. Douceur

Semblable à d'autres boissons fermentescibles, le saccharose est le principal sucre fermentescible utilisé dans la production de kombucha. Le kombucha est fermenté à l'aide d'une combinaison de levures et de bactéries. Les bactéries utiliseront l'enzyme invertase pour décomposer le saccharose en glucose et fructose, qui seront utilisés par ce dernier. La douceur globale du kombucha est basée sur la concentration de sucres non fermentés restant dans la matrice. (Silvia, 2019)

5.2.2. Acidité

L'acide acétique est l'un des principaux acides organiques présents dans le kombucha produit par les bactéries acétiques. Il convient toutefois de noter que les apports en acides organiques des levures et des bactéries lactiques ne doivent pas non plus être ignorés. Avec l'acide acétique, le glucuronique et le gluconique sont les principaux acides organiques, tandis que les acides lactique, succinique et malique sont les acides organiques mineurs présents dans le kombucha.

Les acides organiques sont souvent décrits comme étant acidulés ou acides lorsqu'ils sont présents dans une boisson. Il convient de noter que les acides organiques produisent un faible niveau d'amertume et d'astringence. Cependant, ils ne sont pas le principal contributeur à l'amertume perçue par les consommateurs lorsqu'ils consomment du kombucha (Silvia, 2019).

5.2.3. Éthanol

Le kombucha a généralement une teneur en éthanol inférieure à 1 % et les consommateurs ne devraient pas pouvoir détecter d'éthanol lorsqu'ils le boivent. Cependant, lorsque la concentration d'éthanol est proche ou atteint un seuil, les consommateurs décrivent l'éthanol comme ayant un goût amer (Mattes et al., 2001). Si un fabricant de kombucha « traditionnel » dépasse le seuil de 1 % d'éthanol pour produire du kombucha « dur », cela pourrait avoir un impact négatif sur la perception du kombucha comme une boisson saine et réduire son attrait mondial (Silvia, 2019).

La production d'éthanol est un produit naturel du processus de fermentation du kombucha. Le contrôle de la teneur en éthanol se fait à l'aide d'*Acetobacter* qui convertit l'éthanol en acide acétique par fermentation aérobie. En raison de la nature probiotique non filtrée de la boisson, les kombuchas sucrés peuvent subir une fermentation secondaire anaérobie dans l'emballage, augmentant la teneur en éthanol de la boisson. Cette augmentation de la teneur en éthanol peut faire en sorte que la boisson ne soit plus classée comme « non alcoolisée ». Cela a conduit à une multitude de batailles juridiques sur l'étiquetage et les méthodes de production du kombucha.

5.2.4. Carbonatation

La carbonatation dans une boisson peut influencer les composants visuels, gustatifs et trigéminaux d'une boisson gazeuse. La sensation buccale associée aux boissons gazeuses est la sensation de picotement ou trijumeau dans la bouche . Des recherches limitées ont montré que la carbonatation dans une boisson peut accroître son acidité. Il a été démontré que la carbonatation dépend de la température. À mesure que la température de la boisson diminue, la sensation du trijumeau ou des picotements augmente . À l'heure actuelle, aucune recherche ne montre qu'il existe des interactions entre le goût sucré et la carbonatation.

Les thés Kombucha sur le marché aujourd'hui ont été perfectionnés pour plaire au consommateur occidental. Des entreprises comme Health-Ade, KeVita et Equinox Kombucha capitalisent sur les micro-organismes probiotiques contenus dans le thé, aidant ainsi à détourner l'attention d'une boisson gazeuse peu sucrée que les gens s'attendent à avoir le goût d'un jus de fruit. Si vous deviez visiter le Whole Foods le plus proche et enquêter sur les étiquettes nutritionnelles dans l'allée du Kombucha, vous observeriez des résultats variables. La plupart des bouteilles de 16 onces liquides contiennent deux portions, chacune totalisant entre 10 et 45 calories, cette dernière contenant beaucoup plus de sucre. Le sucre contenu dans le thé Kombucha peut varier et les saveurs du thé dépendent principalement du temps de fermentation. Après de longues périodes d'incubation, le thé commence à acquérir un goût de vinaigre (Silvia, 2019).



Figure 8 : Les valeurs nutritionnelles pour 100 ml du kombucha commercialisé

5. La conservation du ferment

Dans le but d'arrêter le processus fabrication du Kombucha, ou conserver les enzymes produites, le ferment est placé dans des bocaux propres et remplis de thé fermenté, la boisson préparée. Le bocal doit être fermé et conservé au frais en bas du réfrigérateur.

Le ferment peut être conservé plusieurs semaines dans ces conditions. Avant réutilisation, le ferment doit être lavé avec de l'eau propre pour se débarrasser des sédiments bruns dessus qui peuvent se former pendant la phase de repos. Le liquide doit être filtré par la suite afin d'éliminer les résidus.

Si le ferment n'a pas été utilisé pendant des mois ou a été "oublié" dans le Réfrigérateur, la nouvelle préparation peut être un peu décevante, mettez-le à jour, car il est peut-être nécessaire d'une ou de deux préparations successives pour que le ferment trouve son équilibre après une longue période de pause. Cependant, si la préparation est en train de fermenter (boissons aigres et acides) cela signifie que votre ferment est actif, donc bien vivant.

Certaines personnes utilisent la congélation avec succès pendant un certain temps Un arrêt exceptionnellement long, comme un an. (Vincent Bailly).

6. La durée de vie de Kombucha

Le ferment est actif pendant des mois, mais la régénération du ferment se fait avec des cellules neuves à la surface de la préparation. Si le nouveau ferment se développe au contact direct du ferment utilisé, il créera une couche de surface plus claire et avec soin il pourra être séparé du ferment d'origine, ou laissé si le ferment n'est pas trop épais.

Si le ferment neuf croît isolément à la surface, il peut être utilisé au même titre que le premier pour de nouvelles préparations. Les nouveaux ferments vont progressivement remplacer la première souche dont les cellules vieillissent ; le vieillissement se définit par une diminution ou une perte d'activité du ferment plus que son aspect visuel. Il est vrai que le ferment, à force d'être employé va foncer en se chargeant des pigments du thé et du sucre sans pour autant perdre son efficacité.

7. Les principales difficultés rencontrées

7.1. Concernant la boisson

- **La boisson est trop acide** : La boisson a fermenté trop longtemps, typiquement, si la température de la préparation est trop basse, en dessous de 20°C ; dans ce cas, la fermentation est tardive, 10 à 15 jours, puis se transforme en Acide plus facilement. Cependant, la boisson conserve ses propriétés curatives, Peut être bu ou réutilisé pour des préparations ultérieures.
- **La boisson ne pétille pas** : La boisson fermente dans un bocal ouvert et le dioxyde de carbone produit par la fermentation s'échappe pendant la préparation, il est donc normal d'avoir une boisson peu pétillante ; il faudra attendre quelques jours pour que la boisson en bouteille fermée et conservée à une température douce développe son pétillant.
- **La boisson n'est pas fermentée** : Comme mentionné précédemment, le premier critère d'une bonne fermentation est le dégagement d'une odeur aigre de la préparation, la boisson perd alors son goût de sirop pour une saveur acidulée ; généralement la surface s'est recouverte d'une fine couche blanc nacré, le nouveau ferment. Ces aspects se confirment dans les jours qui suivent. (Vincent Bailly).

7.2. Concernant le ferment

- **Le ferment est très fin** : l'odeur et le goût de la boisson semble prête, retirez délicatement le ferment et placez-le à la surface du bol contenant le thé fermenté et laissez la fermentation se poursuivre pendant plusieurs jours ; le reste de la boisson sera consommée. Essayez un autre emplacement pour mettre la préparation à fermenter, celui que vous aviez choisi ne convenait peut-être pas (présence de champ électromagnétique ou tellurique perturbateur).
- **Le ferment s'est recouvert de moisissures** : Elles sont vertes ou grises comme celles qui se forment à la surface des confitures. elles ne sont qu'en surface du ferment exposée à l'air et peuvent être éliminée par un simple lavage du ferment sous l'eau froide, remplacez ensuite le ferment à la surface de la préparation et ajoutez un peu de boisson fermentée ou du jus de citron pour acidifier; la présence de moisissure indique une acidification insuffisante Au départ, mais surtout une contamination par des levures développées à proximité sur des fruits ou des légumes ou l'utilisation pour couvrir la préparation d'un tissu porteur de ces moisissures, dans ce cas remédiez-y en éloignant les aliments contaminés et remplacez le tissu pour couvrir la préparation. Habituellement, on signale le risque de moisissures quand Le Kombucha est fabriqué dans des pièces où les gens fument.



Figure 9: Photographie d'un Kombucha moisi

En dehors de ces cas décrits et auxquels vous pouvez remédier facilement, nous vous recommandons de jeter le ferment et la boisson quand ceux-ci ont été contaminés par des mouches et des vers ou quand l'odeur de la préparation et son apparence sont anormaux. En cas de doute, il est préférable de repartir avec un ferment sain, que vous avez obtenu lors d'une préparation antérieure. (Vincent Bailly).

9. Les bienfaits de Kombucha sur la santé

Grâce à ses levures, bactéries et macromolécules organiques, les composants de la boisson aident à renforcer le système immunitaire en régénérant la flore intestinale, ils agissent sur l'équilibre général de l'organisme, améliorant son état général, l'aidant à se renforcer et à réduire sa résistance aux maladies susceptibles. Ils aident à la détoxification et au nettoyage des cellules, à la purification du sang et ont un effet antibiotique.

➤ Améliorer la digestion

En raison de la présence d'acides organiques comme les acides acétique, lactique et gluconique, le Kombucha aide à améliorer la digestion. Ces acides peuvent aider à stimuler la production d'acide gastrique, ce qui peut aider à améliorer la digestion. De plus, le kombucha peut aider à réguler le système intestinal et à prévenir les problèmes digestifs comme la constipation. Les probiotiques présents dans le Kombucha peuvent également stimuler notre flore intestinale, ce qui peut contribuer à améliorer la santé digestive globale.

➤ Favoriser la santé cardiaque

Le Kombucha est riche en antioxydants, tels que la vitamine C, K et la vitamine E, qui peuvent aider à protéger le cœur en réduisant les dommages causés par les radicaux libres. De plus, le Kombucha peut également aider à réduire le taux de mauvais cholestérol dans le sang, ce qui peut aider à prévenir les maladies cardiaques. En outre, le Kombucha peut également aider à abaisser la pression artérielle en régulant les niveaux de nitrates et de nitrites dans le corps.

➤ Protéger le système immunitaire

Étant donné que le Kombucha contient également des probiotiques et des bactéries bénéfiques pour la santé, ils peuvent renforcer le système immunitaire en luttant contre les bactéries et les virus nocifs. De plus, il peut aider à prévenir les infections en stimulant le système immunitaire en améliorant la santé de la flore intestinale.

➤ Réduire le stress et l'anxiété

Le Kombucha peut aider à réduire le stress et l'anxiété grâce à sa teneur en vitamines B et en acides aminés. Les vitamines B peuvent aider à réguler les niveaux d'hormones du stress, tandis que les acides aminés peuvent aider à réguler les neurotransmetteurs qui sont responsables de la régulation de l'humeur. De plus, le Kombucha peut également aider à améliorer le sommeil, ce qui peut aider à réduire le stress et l'anxiété.

➤ Contribuer à la perte de poids

Le Kombucha peut également aider à perdre du poids. Le Kombucha est une boisson hypocalorique qui peut aider à réduire les envies de sucre et de graisse. De plus, la consommation de Kombucha peut aider à accélérer le métabolisme, ce qui mène à brûler plus de calories.

Il peut également aider à satisfaire les fringales, ce qui peut aider à éviter les aliments gras et sucrés qui peuvent entraîner une prise de poids. Cependant, il est important de noter que le Kombucha ne doit pas être considéré comme un seul moyen de perte de poids, mais plutôt comme un complément à une alimentation équilibrée et à une activité physique régulière (Mirian *et al.*, 2023).

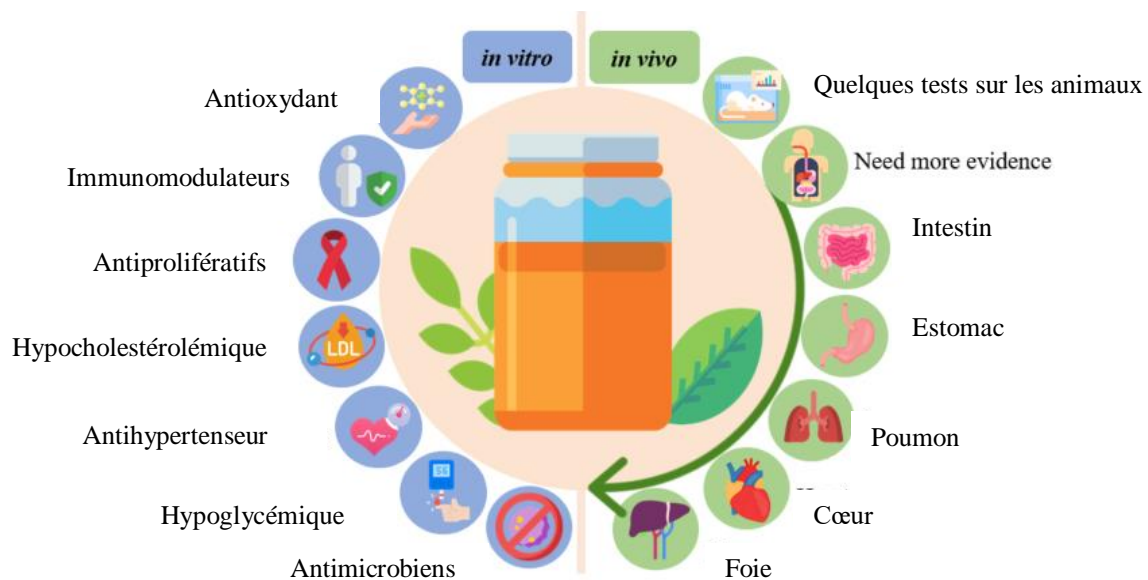


Figure 10 : les effets associés à la consommation du kombucha (Jayme et al, (2022)



Partie expérimentale

1. Matériel et méthodes

La partie expérimentale de cette étude a été réalisée au laboratoire pédagogique de Biochimie du département de Biochimie-Microbiologie de l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Elle a été sous tendue par le matériel et les méthodes énumérés ci-dessous.

1.1. Matériel

1.1.1 Matériel végétal

Le thé noir (Adam) utilisée dans cette étude est un thé commercial, issu de la plante *Camellia Sinensis* (Figure 9).

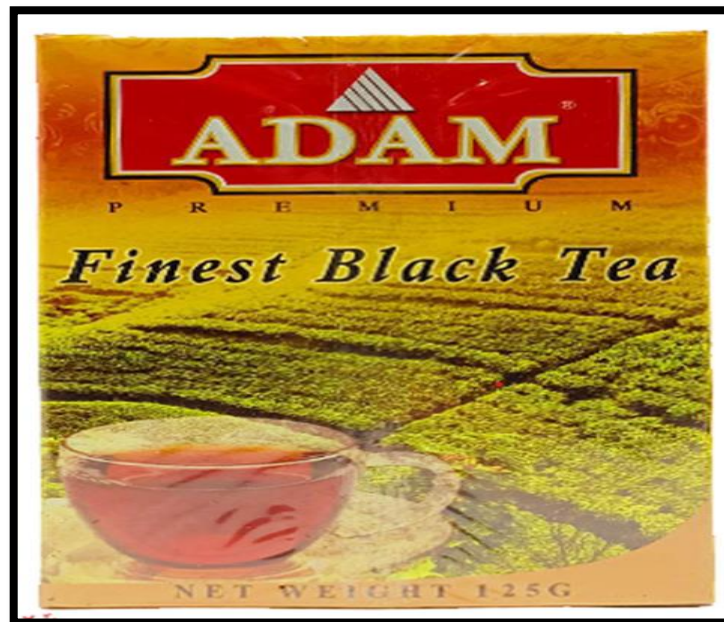


Figure 11 : Thé noir Adam commercialisé

1.1.2. Le ferment

Le Kombucha (SCOBY) acheté en France sur une application Uber Eats, consiste en une culture de démarrage Kombucha d'environ 40 g de champignon Kombucha dans 100 ml de liquide de démarrage, adapté pour une boisson Kombucha initiale d'environ 1 litre. Le champignon est livré sous double scellé dans un sachet en plastique dans une boîte (Figure 10).



Figure 12 : Photographie du Kombucha « scoby » avec 10% du starter

1.1.3. Les produits chimiques et réactifs

- Acide : acide gallique, acide ascorbique ;
- Sels : carbonate de sodium ;
- Réactif spécifique : folin Ciocalteu dilué 10 fois ;
- Saccharose.

1.1.4. L'appareillage

- Balance analytique à affichage digital (0 ,01 g) ;
- Spectrophotomètre UV- visible ;
- PH mètre ;
- Agitateur variés ;
- Bain –marie.

1.1.5. Petit matériel

Un certain nombre de petit matériel approprié a été également utilisé dans cette étude. Il s'agit de : micropipette, pince, spatule, verreries de diverses dimensions (béchers, entonnoirs, éprouvettes, erlenmeyer, fioles jaugées, flacons, pipettes pasteur, tubes à essai) ; ainsi que du matériel pour la préparation du thé de Kombucha (récipient en verre non teinté et non abîmé, une casserole en pyrex ou en inox, un filtre en tissus propre, une bouteille de verre non teintée avec un bouchon en liège).

2.1. Méthodes

2.1.1. Préparation de la boisson

Le Kombucha a été préparé suivant la méthode artisanale,

- Dans un litre d'eau de source peu calcaire .
- Faire bouillir de l'eau dans une casserole émaillée, Pyrex ou inox (nous n'utilisons Matériau en aluminium, car le kombucha est acide et ne supporte pas les métaux ou les oxydes Métal).
- Retirer du feu et ajouter une à deux cuillères à café de thé noir (5g). Et couvrez avec un couvercle en inox ou une assiette (mais surtout pas avec un couvercle en aluminium)
- . Laisser infuser 15 minutes, et ajouter aussitôt 50g de sucre blanc, délayer parfaitement et laisser refroidir à la température ambiante.
- Verser le thé sucré dans le récipient
- Poser le champignon sur la culture ainsi constituée, la surface la plus lisse, la plus brillante et la plus claire vers le haut.



Figure 13 : Photographie de la partie lisse, brillante et la partie granuleuse du SCOBY

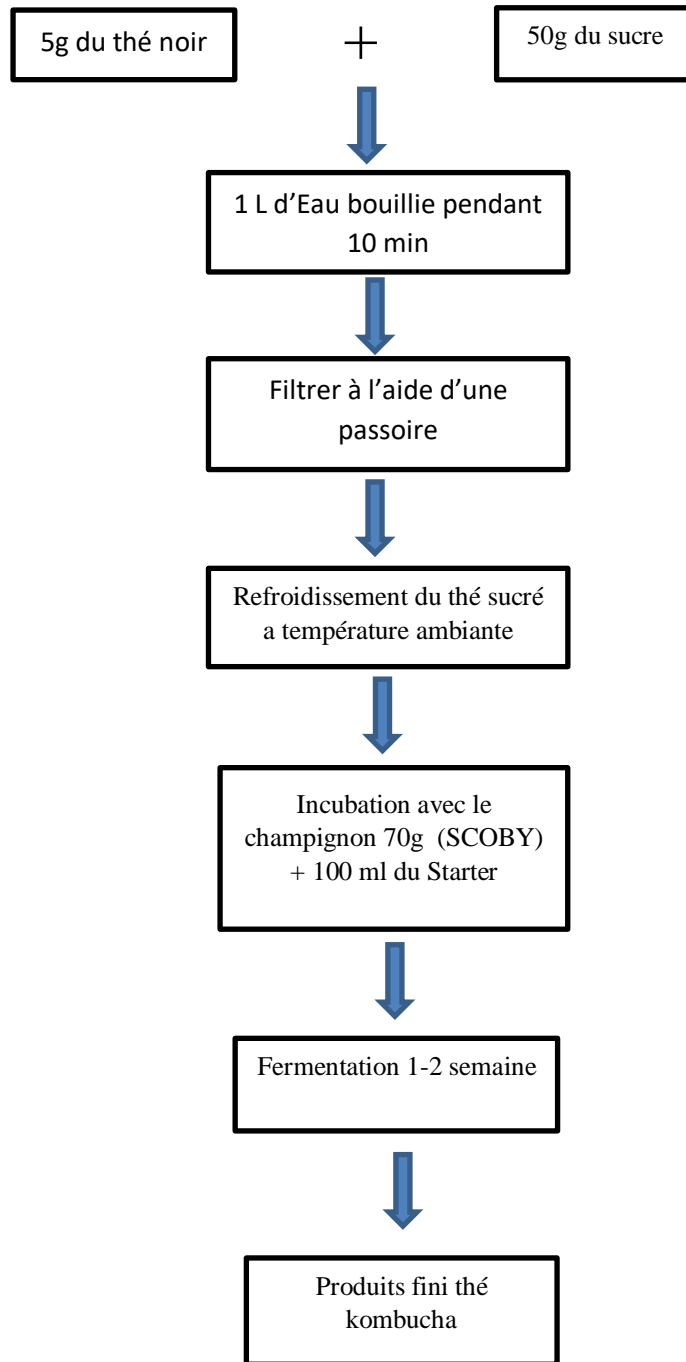


Figure 14 : Diagramme de fabrication de Kombucha.

2.1.2. Conditions de fabrication

Le champignon supporte une température de 14°C à 30°C mais il est préférable pour son développement de placer la culture dans un endroit aéré et chaud (20°C à 27°C).

Parmi les conditions de sa culture :

- Ne pas laissez la culture dans un endroit exposé directement à la lumière du soleil ;
- Recouvrir d'un voilage fin (à la rigueur d'un torchon) retenu par un élastique pour éviter les minuscules mouches du vinaigre qui pourraient venir y pondre. Le tissu doit permettre à la culture de respirer ;
- Laisser reposer 8 à 15 jours selon la chaleur (tout en considérant que le travail optimal du champignon se fait environ à une température de 23°C) ;
- La forme du récipient doit également être prise en compte. Plus le récipient est large, plus la fabrication de la boisson se fait plus rapidement. En effet, le champignon prend toute la surface du liquide et le rapport surface/volume de liquide est alors élevé.
- Au bout de quelques jours, goûter la boisson. Le goût de thé doit disparaître et devrait être remplacé par celui du cidre.
- La boisson doit être à peine ou pas sucrée (La boisson n'a toutes ses vertus curatives que lorsqu'elle n'est plus sucrée) De même, elle doit dégager une odeur vinaigrée.
 - Après avoir fait un nouveau thé Kombucha, retiré à la main le champignon de la culture, le débarrasser d'éventuelles traînées noirâtres avec les doigts, le déposer le moins longtemps possible sur une assiette en porcelaine ou en faïence non décorée. Le champignon doit toujours avoir la même face vers le haut.
- Utiliser des bouteilles en verre pour conserver la boisson. N'utiliser que des entonnoirs et des passoires en plastique (et non en métal) si nécessaire.

Les particules contenues dans la culture ne nuisent en aucun cas la santé. Les filaments noirs qu'on observe souvent sont des cellules mortes du champignon.

Rincer rapidement le récipient de culture si des dépôts se sont formés au fond.

- Conserver les bouteilles dans un endroit frais.

Après fermentation vous avez besoin:

- d'un filtre pour filtrer la boisson (les filtres permanents en nylon pour le café conviennent bien) .
- d'un bocal pour mettre le ou les ferments avec 300ml de la nouvelle préparation.
- de bouteilles pour recevoir la boisson (les bouteilles à bouchon mécanique du type des anciennes bouteilles de limonade conservent bien la boisson qui va devenir pétillante).

Si vous aimez les boissons pétillantes, laissez les bouteilles à la température ambiante, par exemple dans votre cuisine, le pétillant va se développer en quelques jours, visible sous la forme de petites bulles qui remontent à la surface après avoir retourné la bouteille.

Pour les amateurs, les bouteilles peuvent se conserver plusieurs mois, toujours en position dressée, les bulles deviendront très fines comme dans un champagne. Les bouchons mécaniques offrent une sécurité vis-à-vis d'une pression excessive dans la bouteille, mais restez vigilants lors de l'ouverture des bouteilles et mettez-les toujours à rafraichir avant de les boire.

2.1.3. Cinétique de la fermentation

Des prélèvements de 30 ml sont effectués chaque 24h, conservés par congélation pour effectuer l'ensemble des analyses physico-chimiques ultérieurement, les échantillons prélevés sont notés comme suit :

G0 : le mélange du thé noir sucré et le starter (c'est l'ancienne préparation du Kombucha)

G1 : le 1^{er} jour de la fermentation ;

G2 ; le 2^{em} jour de la fermentation ;

G3 : le 3^{em} jour de la fermentation ;

G4 : le 6em jour de fermentation.

Un prélèvement du milieu natif (thé noir sucré) a été effectué en guise de témoin.

Remarque : on s'est arrêté après une semaine de fermentation hors que la fermentation s'étale sur 1 à 2 semaines car la plage de ph idéale pour le kombucha se situe entre 2,5 et 3,5 avec un ph cible d'environ 3

Si le pH du kombucha descend en dessous de 2,5, cela signifie que la concentration en acide est trop élevée, ce qui peut rendre la boisson trop acide pour une consommation humaine normale, tandis qu'un pH supérieur à 4,5 augmente le risque de contamination (Rodrigo et al, 2020).

2.1.4. Mesure du pH

La mesure du pH a été effectuée à température ambiante. La valeur du pH est lue sur le PH-mètre par l'immersion de l'électrode dans un volume de l'échantillon à analyser (30 ml). L'essai est fait en duplicate afin de calculer une moyenne et un écart type.

2.1.5. Dosage des polyphénols totaux

➤ Principe

Les polyphénols sont déterminés par spectrométrie selon la méthode de Folin-ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965) ; (Figure 13). Ce réactif de couleur jaune est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réduisent ce dernier en un complexe de couleur bleue à 760 nm, constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle au taux des polyphénols oxydés (Boizot et charpentier, 2006).

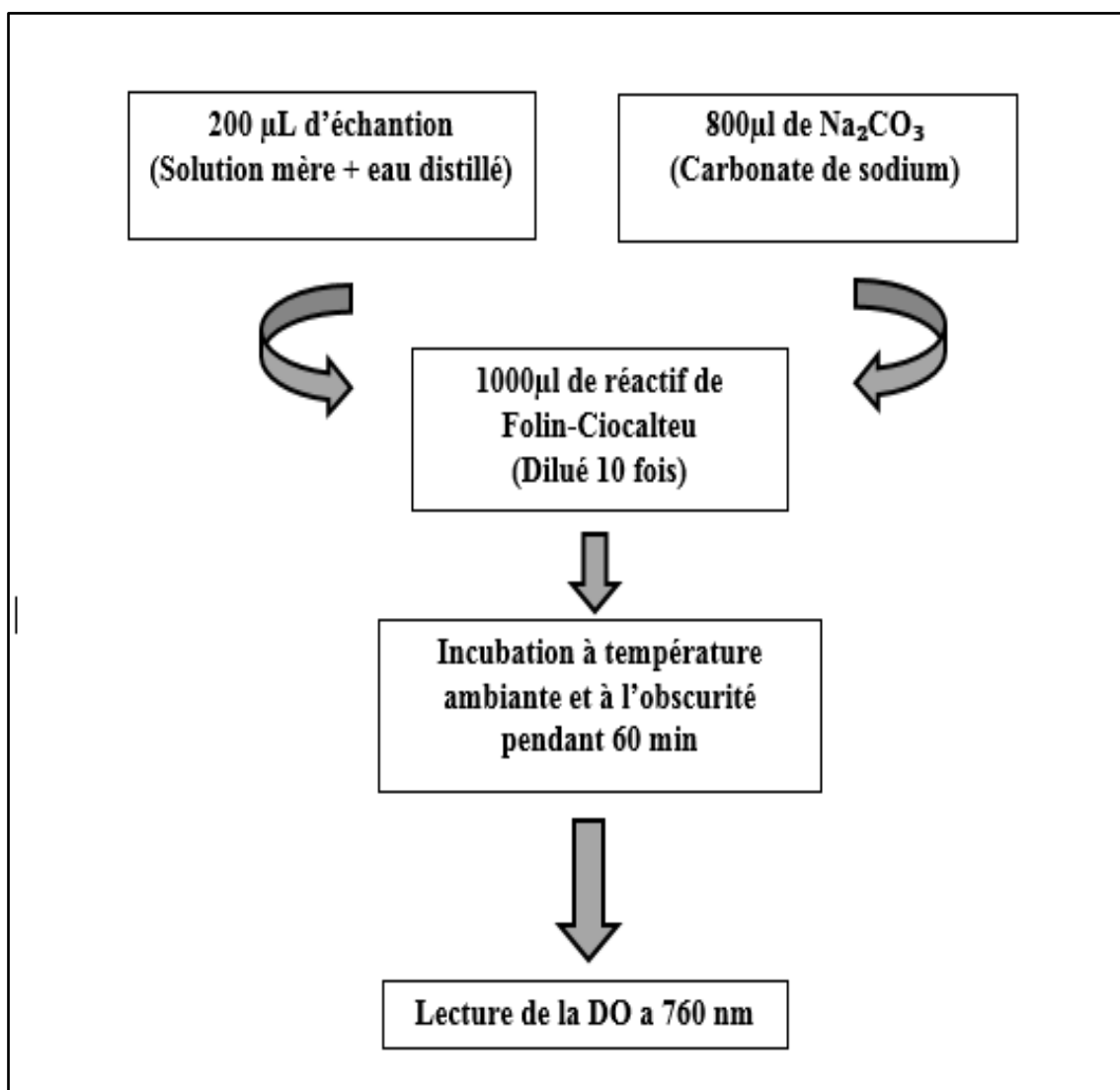


Figure 15 : protocole du dosage des polyphénols totaux (singleton et Rossi, 1965)

➤ Mode opératoire

Le taux des polyphénols totaux obtenu dans les extraits est déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage (Figure 14), obtenue à différentes concentrations en acide gallique à partir de la solution mère (SM) de 0,1g /L. Pour chaque extrait un blanc est réalisé dans les mêmes conditions, en remplaçant l'échantillon par l'eau distillée dans l'extrait aqueux. Pour chaque extrait 3 répétitions sont réalisées. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/g MS) en appliquant la formule suivante :

$$\text{Tpt} = C \times V / M$$

Tpt : teneur en phénols totaux (mg d'acide gallique /g de matière sèche) :

C : concentration de l'acide gallique établie à partir de la courbe d'étalonnage (mg / ml) ;

V : volume de l'extrait aqueux (ml) ;

M : poids de la matière sèche (g)

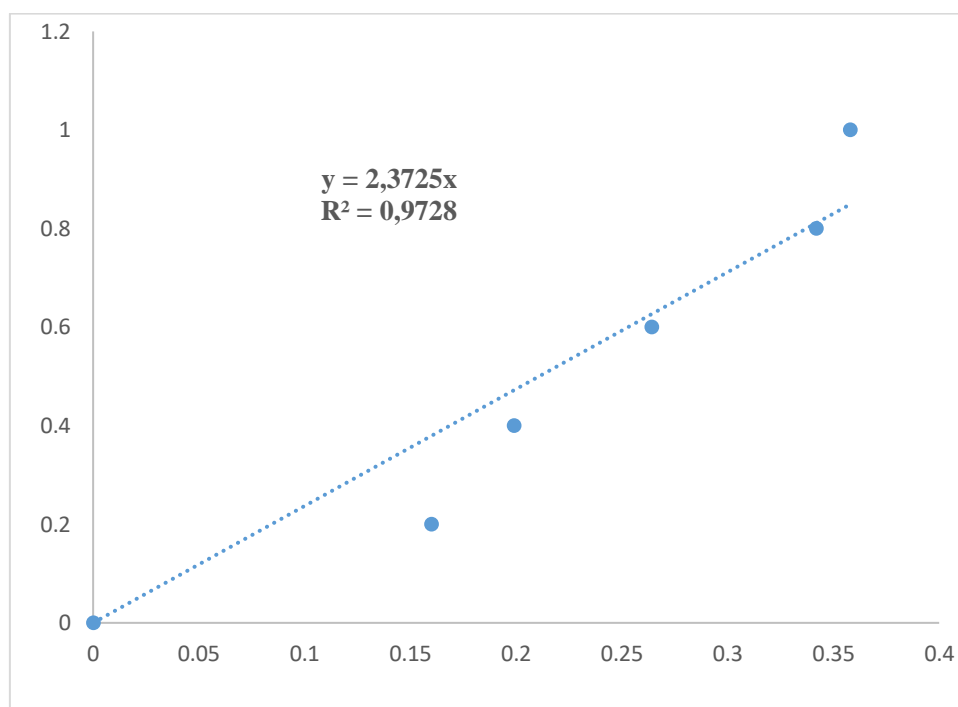


Figure 16 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

2.1.6. Test de piégeage des radicaux libres DPPH

➤ Principe

L'activité anti radicalaire, est étudiée en utilisant la méthode du DPPH selon le protocole décrit par Sanchez –Moreno *et al* (1998). Dans ce test les antioxydants réduisent le diphényl picryl-hydrazyl de couleur violet en un composé jaune, dont l'intensité de la couleur inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Figure 15).

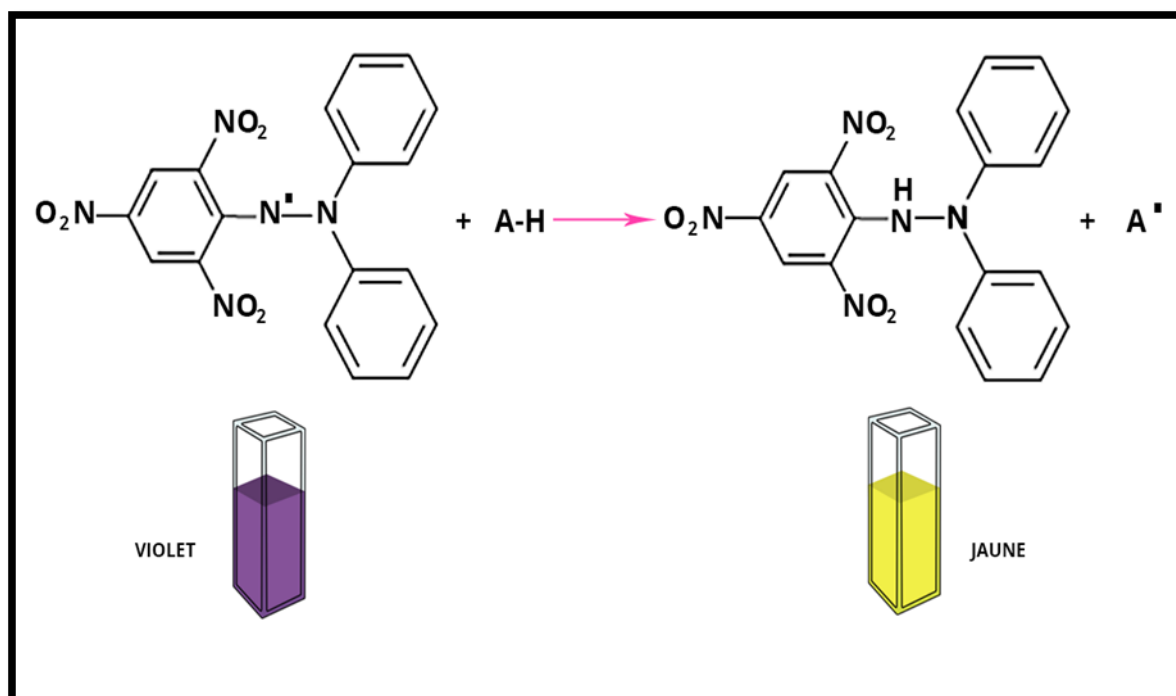


Figure 17 : Réduction de DPPH par un antioxydant

➤ Mode opératoire

Les dilutions de l'extrait aqueux, et du standard (acide ascorbique) sont préparées à partir de la solution mère de 1mg/ ml. Le contrôle négatif est préparé en mélangeant 2ml d'une solution méthanolique du DPPH, avec 100 ul de l'échantillon. La lecture de l'absorbance se fait à 515 nm.

Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (1%) en utilisant la formule suivante :

$$1\% = ((\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}) \times 100$$

Abs contrôle : Absorbance du contrôle négatif à 515 nm ;

Abs échantillon : Absorbance de l'échantillon à 515.

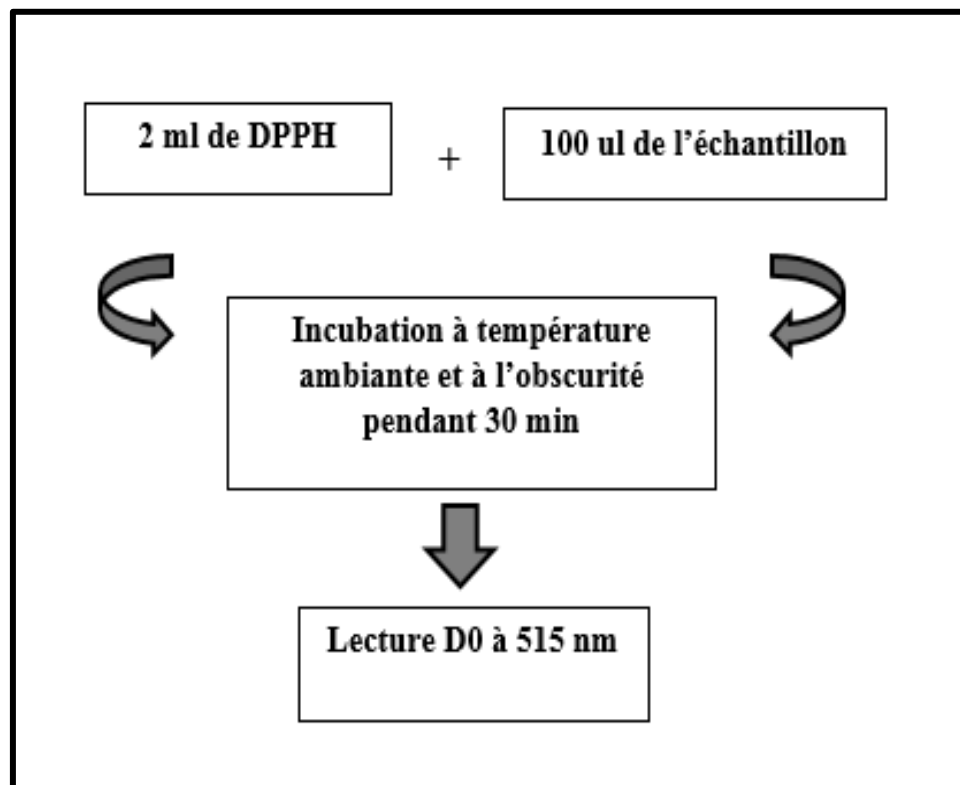


Figure 18 : Protocole de piégeage du radical libre DPPH (Sanchez-Moreno *et al.*, 1998)



Résultats et Discussion

3. Résultats et discussions

3.1. Mesure du pH

Les résultats du pH du thé Kombucha sont donnés dans le tableau II.

Le Kombucha est un thé fermenté connu pour son gout acide. Le pH optimum du Kombucha se situe entre 3 et 2,5, par la suite il diminue avec le temps, car la levure du SCOBY consomme les sucres du thé, le transformant en éthanol. Les bactéries se nourrissent de cet éthanol, le transformant en acide et donnant au Kombucha son gout acidulé distinctif.

Notre résultat confirme la diminution du pH au cours du temps, en mesurant ce dernier du début de la fermentation jusqu'au 6^{ème} jour, ce qui révèle que le processus de fermentation se déroule comme prévu.

Le pH du kombucha dépend du type de thé utilisé pour le brassage. Le thé vert a un pH relativement élevé (7-10) tandis que le thé noir a un Ph beaucoup plus faible (4,9-5,5 ; Bureau et Durant, 2023).

Cela signifie que le kombucha brassé avec du thé vert aura un pH plus élevé que celui brassé avec du thé noir. Cependant, le pH final du kombucha dépend également de nombreux autres facteurs tel que la durée de fermentation, la température, la quantité du sucres ajouté, etc.

Il est donc important de tester le pH du Kombucha pour s'assurer de son gout, idéalement, le pH du Kombucha est d'environ 2,5 à 3 (Bureau et Durant, 2023).

Plus la fermentation est longue plus le pH diminue. Les personnes souffrant d'ulcères ou de reflux gastro-intestinal devront éviter d'en boire.

Tableau III: Résultats de pH du thé Kombucha

Echantillon	Thé natif	G0	G1	G2	G3	G4
pH	6,41±0,015	3,78±0,008	3,55±0,002	3,35±0,032	3,20±0,001	2,78±0,003

3.2. Dosage des polyphénols totaux

Les résultats de dosage de la concentration des polyphénols au cours du temps (tableau III) montre une augmentation progressive des PP au cours du temps. Les polyphénols sont des antioxydants présents naturellement dans les feuilles de thé, qui sont utilisées pour fabriquer le Kombucha.

Le processus de fermentation du Kombucha conduit à la production de polyphénols tels que l'acide gallique, dont la concentration augmente au cours du temps de la fermentation. Cette augmentation de la teneur en polyphénols est due à l'activité de la levure et des bactéries dans le SCOBY, qui décomposent le thé et produisent ces composés bénéfiques.

Par conséquent, l'augmentation de la teneur en polyphénols au fil du temps est un résultat positif, car elle indique que le processus de fermentation se déroule comme prévu et que le Kombucha devient plus nutritif et bénéfique pour la santé.

Tableau IV : Les valeurs des polyphénols totaux au fil du temps

Echantillon	Natif	G0	G1	G2	G3	G4
Concentration des polyphénols totaux	0,170±0	0,287±0,015	0,308±0	0,313±0,002	0,342±0,003	0,356±0,002

Des études ont montré la relation directe entre la teneur en polyphénols et la couleur du thé Kombucha au fil du temps. Deux études ont rapporté une diminution significative de l'intensité de la couleur et une augmentation de la teneur en polyphénols, ce que nous avons observé après 13 jours de fermentation (Figure 17).

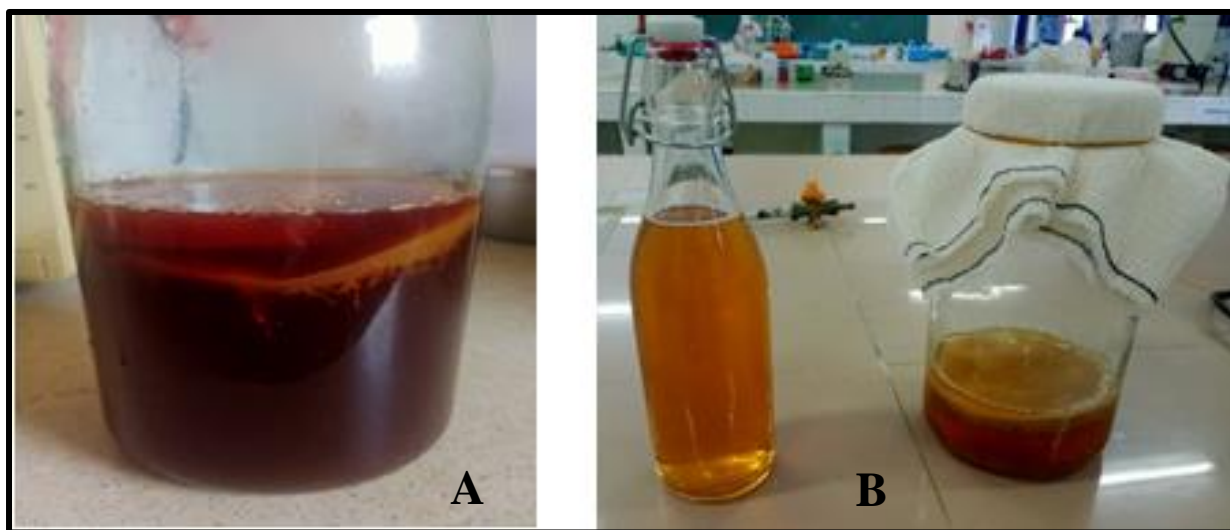


Figure 19 : Photographie de la couleur du Kombucha au 1^{ER} jour (A) et après 13 jours de fermentation (B).

Il existe plusieurs études qui comparent l'évolution des polyphénols totaux dans le Kombucha à base de thé vert et noir.

Nous citons quelques conclusions clés des résultats de travaux de recherche :

Selon l'étude de Ranaivosoa (2007), la culture de Kombucha se développe plus rapidement dans le thé noir, son poids passe de 25 g à 300g au fil du temps.

Une autre étude a comparé la fermentation de Sobacha (une infusion de sarrasin torréfié) au thé vert et a révélé que le sobacha avait une concentration de polyphénols plus élevée que le thé vert (Suffys, 2022).

Le thé vert a un goût plus subtil et herbacé que le thé noir et contient moins de composés azotés ce qui peut affecter le goût du Kombucha (Suffys, 2022).

En résumé, le thé vert et le thé noir peuvent être utilisés pour fabriquer du Kombucha avec des niveaux élevés de polyphénols, mais la proportion de levure et le goût peuvent varier en fonction du type de thé utilisé et de la phase de fermentation.

Le kombucha contient une grande variété de différents types de polyphénols, notamment des catéchines, de l'acide gallique et de la quercétine.

Dans une étude, 127 composés phénoliques ont été identifiés dans le kombucha, dont 70,2 % sont des Flavonoïdes, 18,3% des acides phénoliques, 8,4 % d'autres polyphénols, 2,3 % de lignanes et 0,8% de stilbénes. (Rodrigo, 2020).

Les polyphénols du kombucha sont responsables de son activité antioxydante et présentent divers avantages pour la santé, notamment la réduction du risque de maladie cardiaque et de cancer, la protection contre les dommages cellulaires et la réduction de l'inflammation.

Les composés phénoliques sont des molécules naturelles présentes dans les plantes, notamment dans les thés verts et noirs, qui peuvent avoir des effets biologiques importants. Les kombuchas des thés verts et noirs contiennent des quantités variables de composés phénoliques, qui peuvent varier en fonction de la méthodologie de production, de la qualité du thé et de la durée de fermentation.

Voici quelques-uns des composés phénoliques les plus abondants trouvés dans les kombuchas (Rodrigo, 2020)

Gallocatechin 3-O-gallate/ Epigallocatechine 3-O-gallate (C₂₂H₁₈O₇), Isomère 2 de la gallocatéchine /épigallocatechine (C₁₅H₁₄O₇) , Isomère de l'acide 1-O-caféoylquinique Acide 2/3-caféoylquinique (C₁₆H₁₈O₉) , Catéchine (C₁₅H₁₄O₆) , Cathéchine 5-O-gallate (C₂₂H₁₈O₇).

3.3. Test de piégeage des radicaux libre par DPPH

Le test DPPH est une méthode utilisée pour mesurer la capacité antioxydante d'une substance en mesurant sa capacité à piéger les radicaux libres

Selon nos résultats (tableau IV), le pourcentage d'inhibition du DPPH par le Kombucha augmente au cours du temps pendant le processus de fermentation. En effet, le processus de fermentation du Kombucha conduit à la production d'antioxydants tels que les polyphénols, dont il a été démontré qu'ils ont des propriétés de piégeage des radicaux libres.

Par conséquent, l'augmentation de l'activité antioxydante au fil du temps est un résultat positif, car elle indique que le kombucha devient plus nutritif et bénéfique pour la santé. Il est important de noter que le temps de fermentation optimal pour le kombucha est généralement d'environ 7 à 10 jours, après quoi la teneur en polyphénols peut commencer à diminuer.

Il est important de surveiller attentivement les processus de fermentation pour s'assurer que le Kombucha n'est pas trop fermenté, ce qui pourrait entraîner une diminution de sa capacité antioxydante. De plus, le type de thé utilisé pour fabriquer Kombucha, la source de sucre, et le type de bactérie et de levure dans le SCOBY peuvent également affecter la capacité antioxydante de Kombucha.

Tableau VI : Activité antioxydante du thé Kombucha exprimée en % d'inhibition

L'échantillon	Natif	G0	G1	G2	G3	G4
% D'activité antioxydante Moyenne écart type	32,63±0,16	87,02±0,04	87,18±0,056	87,69±0	88,2±0,28	88,905±0,16

La mesure de l'absorbance a été effectuée par spectrophotométrie à 517 nm et à partir des résultats obtenus, les pourcentages d'inhibition ont été calculés. Les valeurs obtenues ont permis de tracer la courbe représentant l'évolution du pourcentage d'inhibition au cours de la fermentation du Kombucha (Figure 18).

Les résultats montrent que le pourcentage d'inhibition de du radical libre DPPH augmente au cours de la fermentation représente la capacité de la boisson à produire des composés antioxydants qui permettraient une détoxification. Le pourcentage % d'inhibition est calculé en tant que % de piégeage des radicaux libres de chaque solution selon une équation spécifique. L'augmentation de l'activité antioxydante des préparations / boissons végétales par fermentation lactique est également reconnue pour sa capacité à préserver et/ou augmenter les propriétés sanitaires, organoleptiques et antioxydantes. La fermentation du kombucha produit une variété de composés antioxydants qui contribuent aux bienfaits pour la santé de cette boisson.

La fermentation affecte l'activité antioxydante du kombucha de plusieurs façons, comme indiqué dans les résultats de recherche suivants :

- La fermentation augmente la quantité de polyphénols et de catéchines dans le kombucha, qui sont des composés antioxydants ;
- Le temps de fermentation est un facteur important dans l'augmentation de l'activité antioxydante du kombucha.
- L'utilisation des résidus de thé pour la fermentation peut également augmenter l'activité antioxydante du kombucha.

En résumé, le % d'inhibition de l'activité antioxydante du kombucha qui augmente au cours de la fermentation représente la capacité de la boisson à produire des composés antioxydants bénéfiques pour la santé, le temps de fermentation et les ingrédients utilisés pour la fermentation peuvent également affecter l'activité antioxydante du kombucha.

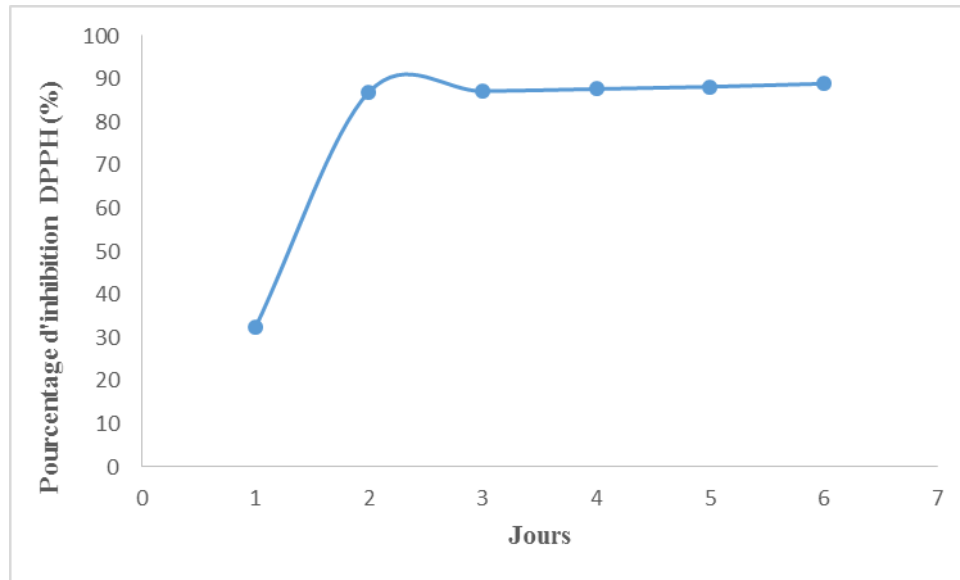
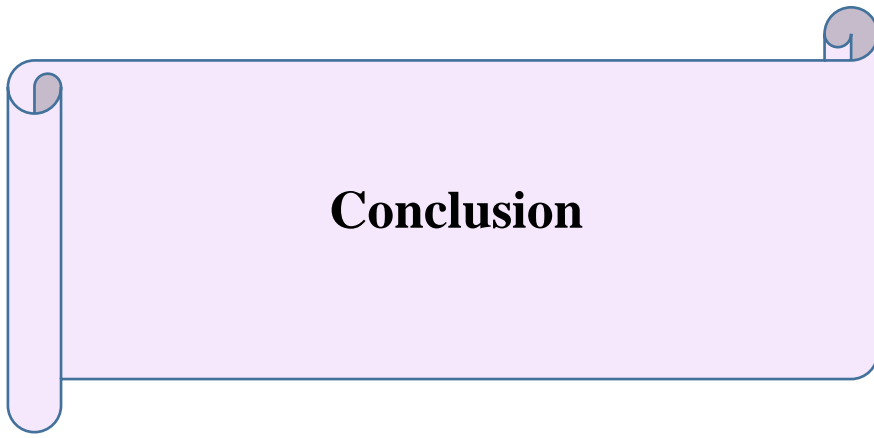


Figure 20 : Cinétique d'évolution du pourcentage d'inhibition du Radical DPPH au cours de la fermentation.

Les antioxydants sont des substances qui protègent les cellules contre les dommages causée par les radicaux libres, qui sont des molécules instables qui peuvent causer des maladies, ils incluent principalement des polyphénols, mais il peut contenir d'autre types d'antioxydants tel que :

- Vitamine C : Le kombucha peut contenir de la vitamine C, qui est un autre antioxydant naturel.
- Catéchines : Les catéchines sont des composés antioxydants présent dans le thé et peuvent être présents dans le kombucha.
- Flavonoïdes : Les flavonoïdes sont des composés antioxydants présents dans les plantes, y compris dans le thé, e peuvent être présents dans le kombucha
- Vitamine E : antioxydant naturel
- Sélénium : Le sélénium est présent dans le thé et peut être présent dans le kombucha, il possède pour les cellules un rôle d'aide dans la protection contre le stress oxydatif, aide également à lutter contre les radicaux libres.

La quantité et le type de constituant sont influencés par le type de thé utilisé et également par le temps de fermentation, le type de colonies des bactéries et des levures du levain utilisé pour la fermentation. Aussi, la température ambiante influence le contenu de cette boisson.



Conclusion

Conclusion

Le Kombucha est une boisson à base de thé fermenté présentant des bienfaits potentiels pour la santé, bien que des recherches supplémentaires soient nécessaires pour bien comprendre ses effets. C'est une source de molécules bioactives qui fait l'objet de nombreuses études pour son éventuelle utilisation comme alternative des boissons fermentées.

La présente étude a pour objectifs d'évaluer l'activité antioxydante de la boisson lors de la fermentation et optimiser les conditions de fermentation

Le Kombucha est préparée en fermentant du thé sucré avec une culture symbiotique de bactérie et de levure « SCOBY » qui produit une saveur légèrement sucrée et acide. Elle est riche en composés bioactifs, qui contribue à son statut de boisson fonctionnelle

Certains des bienfaits revendiqués du Kombucha pour la santé incluent l'aide à la digestion, le renforcement du système immunitaire et la réduction de l'inflammation

Le Kombucha est une boisson à haute teneur en polyphénols totaux et notamment en flavonoïdes. Nos résultats ont montré que la teneur en polyphénols totaux augmente au cours de la fermentation.

Nous confirmons que cette boisson possède de fortes propriétés antioxydantes et est connu pour avoir de nombreux effets sur la santé. Beaucoup d'études confirment les vertus thérapeutiques de cette boisson, notamment des actions antioxydantes, anti inflammatoires, antimicrobiennes, immunomodulatrices et hépato protectrices.

Le potentiel antioxydant du Kombucha est probablement dû à la présence de polyphénole et d'autres composés bioactifs produits pendant la fermentation. Le type de thé utilisé pour préparer le Kombucha affecte la teneur générale en polyphénole.

Les résultats de recherche sont en concordance avec l'affirmation selon laquelle l'augmentation des polyphénols dans le kombucha est associée à une augmentation de l'activité antioxydante.

Concernant Le pH du Kombucha diminue au fil du temps en raison de la fermentation des sucres par les levures et les bactéries présentes dans la boisson. Au début de la fermentation, le pH du Kombucha est généralement d'environ 4,5, mais il diminue progressivement à mesure que les levures et les bactéries produisent de l'acide acétique et d'autre acides organique. Le pH final du Kombucha commercial est généralement compris entre 2,5 et 3,5. Cependant, il est important de noter que le pH du Kombucha ne doit pas être trop bas, car cela peut indiquer une fermentation excessive ou la présence de bactérie indésirables. Le pH optimal pour la consommation de kombucha est compris entre 2,5 et 4,2, si le pH est inférieur à 2,5 le Kombucha sera trop acide et ne sera pas recommandé pour la consommation.

Faire son propre Kombucha peut être une excellente occasion de personnaliser le gout en utilisant différents thés et en ajoutant des fruits. Cependant, cela peut également être un processus délicat qui nécessite une attention particulière à l'hygiène.

Références bibliographiques

- Bruna Milena Bortolomedi, Camila Souza Paglarini, Fabio Cristiano Angonesi Brod. (2022).** Composés bioactifs du kombucha : examen de l'effet du substrat et des conditions de fermentation. *Journal Science Direct*, 385,9.
- Catherine Conan. (2021).** Le thé : de nombreux bienfaits pour la santé. *Journal Passeport Santé Nutrition*, 10, 2.
- CJ Greenwalt et KH SteinKraus, RA Ledford. (2020).** Kombucha, le thé fermenté : microbiologie, composition et effets revendiqués sur la santé. *Journal de la Protection des Aliments*, 63,7.
- Eirini Dimidi, Selina Rose cox, Megan Rossi et Kévin Whelan. (2019).** Aliments fermentés : définitions et caractéristiques, impact sur le microbiote intestinal et effets sur la santé et les maladies gastro-intestinales. *Journal Nutriments*, 11, 8, p103-109.
- Eric R.Pitts, Drew Budner, Katherine Wirick. (2022).** Kombucha : impacts biochimiques et microbiologique sur le profil chimique et aromatique. *Journal Avancée en Chimie Alimentaire*, 1,4.
- Hubert Antolak, Dominik Piechota et Alexandre Kucharska. (2021).** Thé Kombucha- un double pouvoir de composé bioactifs issus du thé et de la culture symbiotique de bactéries et de levures (SCOBY). *Journal Antioxydants*, 10,10.
- Julie M . K app MPH , PhD , FACE et Walton Summer MD. (2019).** Kombucha : une revue systématique des preuves empiriques des bienfaits pour la santé humaine. *Journal Annales d'Epidémiologie*, 30, P, 66-70.
- Jayme César da silva Junior, Isis Merieles Mafaldo, Isabelle de lima Brito, Angela Maria Tribuzy de magalhaes Cordeiro. (2022).** Kombucha : Formulation, composition chimique et potentialités thérapeutiques. *Journal Science Direct*, 5, P 360-365.
- Jeniffer Ferreira de Miranda, Larissa Fernandes Ruiz, Cintia Borges Silva, Thais Matsue Uekane, Kelly Alencar Silva, Alice Goncalves Martins Gonzalez, Fabrice Freitas Fernandes, Adrienne Riberio Lima. (2022) .** Kombucha : un examen des substrats, des réglementations, de la composition et des propriétés biologiques. *Journal Food Science*, 87,2, P503-527.
- Karoline Jakubczyk, Lukasz Lopusiewicz, Katarzyna Janda-Milczarek, Karolina Skonieczna-Zydecka. (2023).** Le thé fermenté comme aliment à valeur fonctionnelle : son profil microbiologique, son potentiel antioxydant et sa composition phytochimique. *Journal Nourriture*, 13, 1.
- Karolina Jakubczyk, Justyna Kaldunska, Joanna Kochman, Katarzyna Janda. (2020).** Profil chimique et activité antioxydante de la boisson Kombucha dérivée du thé blanc, vert, noir et rouge. *Journal Antioxydants*, 9,5.
- Ke-Ying Nyiew, Phek Jin Kwong, Yoon-Yen Yow. (2022).** Un aperçu des propriétés antimicrobiennes du kombucha. *Journal Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 21, 2, P, 1024-1053.
- Mirian Aparecida de Campos Costa, Darlene Larissa de Souza Vilela, Gabriela Macedo Fraiz, Isabelle Lima Lopes, Ana Iris Mendes Coelho, Luiza Carla Vidigal Castro, José Guilherme Prado Martin. (2023).** Effet de la consommation de kombucha sur le microbiote intestinal et les comorbidités liées à l'obésité : une revue systématique. *Journal Examens Critique en Science Alimentaire et en Nutrition*, 63, 19.

- David Cote, Sébastien Bureau. (2020).** Revolution kombucha tout ce qu'il faut savoir pour le brasser vous-même.
- Silvia Alejandre Villarreal soto. (2019).** Etude d'un procédé de fermentation de kombucha : caractérisation chimique, microbienne et activité biologique . Thèse de doctorat en génie des procédés et de l'environnement. INPT. Ecole Doctorale Mécanique, énergétique, génie civil et procédés, Toulouse.
- Suffys, Sarah. (2022).** Etude et développement d'une boisson fonctionnelle à base de Sobacha (Infusion japonaise de graines de sarrasin torréfiées). Master en bioingénieur : chimie et bioindustries. Université de Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT).
- Suriyapriya Selvaraj et Kalaichelvan Gurumurthy. (2022).** Un aperçu du thé kombucha probiotique booster de santé. *Journal Menton Herbe Med*, 15, 1, p, 27-32.
- Somnath Chakravorty, Semantee Bhattacharya, Antonis Chatzinotas, Chakraborty, Debanjana Bhattacharya, Ratan Gachhui. (2016).** Fermentation du thé Kombucha : dynamique microbienne et biochimique. *Journal international de Microbiologie Alimentaire*, 220, P, 63-72.
- Ilmāra Vīna 1, Pāvels Semjonovs, Raimonds Linde, Ilze Deniņa. (2014).** Current evidence on physiological activity and expected health effects of kombucha fermented beverage. *Journal of Medicinal Food*, 17, 2.
- Vincent Bailly.** L'art du kombucha Tout ce que vous voulez connaître Sur la préparation du kombucha .Livre P28
- Ranaivosoa Rina Fara. (2008).** Contribution de la production de boisson fermenté à base de thé kombucha. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur en génie chimique. Université d'Antananarivo.
- Ramona Massoud, Reyhaneh Jafari, Kianoush Khosravi-Darani. (2024).** Le kombucha comme boisson bénéfique pour la santé humaine. *Journal Aliments Végétaux pour la Nutrition Humaine*,10,1007. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s11130-024-01169-8>).