

2024-04

# Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues en Mairie de Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi

NIJIMBERE, Eric

UB, FACULTE DES SCIENCES

---

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/913>

*Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi*

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

Département de Chimie

---



**Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre  
vendues en Mairie de Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu  
Tangawizi**

Par

**Eric NIJIMBERE**

Mémoire présenté et défendu en vue d'obtention du diplôme de Master en  
Sciences Chimiques

Spécialité: Contrôle et Analyses Chimiques

---

Sous la direction de : **Prof. Séverin SINDAYIKENGERA**

**Dr. Pierre Claver MPAWENAYO**

**Bujumbura, Avril 2024**

---

**Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues en Mairie de  
Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi**

---

**MEMBRES DU JURY**

**Président :** Pr. Jean Chrysostome NDAMANISHA

**Secrétaire :** Pr. Libérata NIZIGIYIMANA

**Directeur :** Pr. Séverin SINDAYIKENGERA

**Co-directeur :** Dr. Pierre Claver MPAWENAYO

**Membre :** Pr. Vestine NTAKARUTIMANA

## **DEDICACE**

A mes chers parents;

A mes chers frères et sœurs;

A mes chers oncles et tantes;

A mes chers cousins et cousines;

A toi ma chère fiancée;

A tous mes amis(e)s et camarades de promotion;

A tous ceux qui me sont chers et connaissances;

Je dédie ce mémoire.

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à exprimer ma respectueuse reconnaissance à Messieurs Professeur Sévérin SINDAYIKENGERA et Docteur Pierre Claver MPAWENAYO qui, malgré leurs nombreuses responsabilités ont accepté de m'encadrer. Je vous remercie pour votre disponibilité et votre patience à mon égard. Je suis très honoré d'avoir bénéficié de vos conseils. Merci pour votre rigueur et votre amour pour le travail bien fait. Veuillez recevoir mes chers encadreurs ma profonde gratitude et mon infinie reconnaissance.

J'exprime aussi mes vifs remerciements aux membres du jury:

- Prof Jean Chrysostome NDAMANISHA, qui, malgré ses obligations a bien voulu accepter de présider le jury de ce mémoire ;
- Prof Libérata NIZIGIYIMANA et Prof Vestine NTAKARUTIMANA, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire.
- Tous mes enseignants de l'Université du Burundi plus spécialement ceux de la Faculté des Sciences, Département de chimie pour la formation tant morale qu'intellectuelle qu'ils m'ont dotée. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma respectueuse gratitude et de mon profond respect.

Mes remerciements s'adressent également à tous les techniciens et préparateurs de laboratoire pour leur franche collaboration. Merci pour votre entière disponibilité.

Mes sentiments chaleureux s'adressent aussi à mes parents, ma famille et mes proches qui m'ont accueilli à bras ouverts dès ma naissance, pour m'avoir éduqué dès le bas âge et pour de nombreuses privations afin d'assurer ma formation.

Je remercie enfin tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

## **RESUME**

Le contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique des boissons permet non seulement d'évaluer les risques pour la santé des consommateurs, mais aussi d'indiquer le respect ou non des bonnes conditions d'hygiène (ou bonne pratique de fabrication) lors de la production. Cette étude a pour objectif de contrôler la qualité des boissons Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi à base de gingembre vendues en Mairie de Bujumbura. Ainsi, vingt-quatre échantillons ont été achetés dans douze points de vente différents et analysés. Les résultats obtenus ont été comparés aux normes du Comité de Développement Extérieur des standards (CODEX STAN), de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) et du Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité (BBN).

L'analyse physico-chimique a montré que les boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi sont acides (pH varie de 2,97 à 3,40, l'acidité sous forme d'acide lactique varie de 4,08 à 7,44 g /l et l'acidité sous forme d'acide acétique varie de 0,52 à 2,47 g /l), sucrées (degré Brix varie de 9,8 à 12 %) et alcooliques (teneur en alcool éthylique varie de 1,8 à 4 ABV). Quant à la boisson Akayabagu Tangawizi, les mêmes paramètres s'observent à l'exception de la teneur en sucre et en alcool. Cependant, ces paramètres restent dans les limites établies pour les boissons à base de gingembre sauf que l'acidité sous forme d'acide acétique a dépassé cette limite pour la boisson Akayabagu Tangawizi. Les résultats d'analyses microbiologiques ont montré que deux types d'échantillons de boissons (Raha Tangawizi et Akayabagu Tangawizi) sur trois analysés avaient un nombre élevé de la flore fongique ( $3.10^2$  et  $2.10^2$  cfu/ml) et des germes totaux (264 cfu/ml) mais avec une absence totale des germes pathogènes (*Salmonella spp* et les coliformes totaux) dans tous les échantillons.

L'étude a révélé que les boissons de fabrication à base de gingembre renferment des flores d'altération et d'insalubrité qui ne sont pas conformes aux limites normatives établies par le Bureau Burundais de Normalisation et contrôle de qualité (BBN).

**Mots clés :** gingembre, qualité physico-chimique, qualité microbiologique

## **ABSTRACT**

Control of the physico-chemical and microbiological quality of drinks not only makes it possible to assess the risks for the health of consumers, but also to indicate whether or not good hygienic conditions (or good manufacturing practices) are respected during production. This study aims to control the quality of Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi and Akayabagu Tangawizi drinks based on ginger sold in Bujumbura Town Hall. Thus, twenty-four samples were purchased from twelve different points of sale and analyzed. The results obtained were compared to the standards of the Committee for External Development of Standards (CODEX STAN), the French Standardization Association (AFNOR) and the Burundian Bureau of Standardization and Quality Control (BBN).

Physicochemical analyze have shown that these drinks are acidic (pH varies from 2.97 to 3.40, acidity in the form of lactic acid varies from 4.08 to 7.44 g/l and acidity in the form of acetic acid varies from 0.52 to 2.47 g/l), sweetened (Brix degree varies from 9.8 to 12 %) and alcoholic (ethyl alcohol content varies from 1.8 to 4 ABV) for Raha Tangawizi drinks and Akanovera Tangawizi. As for the Akayabagu Tangawizi drink, the same parameters are observed with the exception of the sugar and alcohol content. However, these parameters remain within the limits established for ginger-based drinks except that acidity in the form of acetic acid exceeded this limit for the Akayabagu Tangawizi drink. The results of microbiological analyzes showed that two types of beverage samples (Raha Tangawizi and Akayabagu Tangawizi) out of three analyzed had a high number of fungal flora (3.102 and 2.102 cfu/ml) and total germs (264 cfu/ml) but with a total absence of pathogenic germs (*Salmonella* spp and total coliforms) in all samples.

The study revealed that drinks made from ginger contain spoilage and unsanitary flora which do not comply with the normative limits established by the Burundian Bureau of Standardization and Quality Control (BBN).

**Key words:** ginger, physicochemical quality, microbiological quality

## TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY .....	i
DEDICACE .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
RESUME .....	iv
ABSTRACT.....	v
TABLE DES MATIERES.....	vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....	ix
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	x
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES FIGURES .....	x
AVANT- PROPOS.....	xi
INTRODUCTION GENERALE .....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE .....	4
I.1. Généralités sur le gingembre .....	4
I.1.1. Historique.....	4
I.1.2. Description de la plante.....	4
I.1.3. Composition chimique.....	5
I.1.4. Intérêts de gingembre.....	6
I.1.5. Inconvénients liés à la consommation du gingembre .....	7
I.2. Généralités sur les boissons au gingembre .....	8
I.2.1. Historique et généralités sur les boissons au gingembre.....	8
I.2.2. Quelques ingrédients essentiels utilisés dans la production des boissons au gingembre....	9
I.2.2.1. Eau potable .....	9
I.2.2.2. Extrait liquide de gingembre.....	9
I.2.2.3. Acide citrique.....	10
I.2.2.4. Miel .....	10
I.2.2.5. Arômes.....	10
a. Rosemary (Romarin) .....	11
b. Thym .....	11
I.2.2.6. Thé noir .....	11

I.2.2.7. Aloe Vera.....	11
I.2.2.8. Curcuma.....	12
I.2.3. Procédure générale de fabrication des boissons alcoolisées au gingembre .....	12
I.2.4. Conditionnement .....	13
I.2.4.1. Lavage des bouteilles.....	13
I.2.4.2. Remplissage.....	13
I.2.4.3. Bouchage « ou capsulage » .....	13
I.2.4.4. Etiquetage.....	13
I.2.4.5. Mise en bouteille .....	14
I.2.5. Contrôle de qualité des boissons .....	14
I.2.5.1. Qualité physicochimique et caractéristiques des paramètres étudiés .....	15
a. pH .....	15
b. Degré Brix.....	16
c. Teneur en alcool .....	16
d. Acidité totale.....	16
e. Acidité volatile .....	17
I.2.5.2. Qualité microbiologique et caractéristiques des principaux germes de contamination étudiés.....	17
a. Flore aérobie mésophile totale (FAMT) ou germes totaux.....	18
c. Salmonelles.....	18
d. Flore fongique (les levures et les moisissures) .....	19
I.2.6. Altération des boissons alcoolisées .....	19
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>20</b>
<b>II.1. Matériel .....</b>	<b>20</b>
II.1.1. Matériel de laboratoire.....	20
II.1.2. Matière première .....	20
<b>II.2. Méthodes d'analyse physico-chimique et microbiologique.....</b>	<b>21</b>
II.2.1. Echantillonnage.....	21
II.2.2. Analyse physico-chimique .....	21
a. Détermination du pH.....	21
b. Détermination du degré Brix .....	22
c. Teneur en alcool éthylique.....	23
d. Détermination de l'acide totale.....	24

e. Détermination de l'acidité volatile .....	25
II.2.3. Analyse microbiologique .....	26
II.2.3.1. Préparation des échantillons et processus simplifié de l'analyse macrobiotique.....	26
II.2.3.2. Recherche et dénombrement des germes.....	27
a. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale ou germes totaux .	27
b. Dénombrement de Coliformes totaux .....	28
c. Dénombrement des levures et moisissures .....	29
d. Dénombrement de salmonella spp.....	30
<b>CHAPITRE III: PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS .....</b>	<b>32</b>
III.1. Présentation et discussion des résultats de l'analyse physico-chimique.....	32
III.1.1. pH.....	33
III.1.2. Degré Brix .....	34
III.1.3. Teneur en alcool éthylique.....	35
III.1.4. Acidité sous forme d'acide lactique .....	37
III.1.5. Acidité sous forme d'acide acétique.....	38
III.2. Présentation et discussion des résultats de l'analyse microbiologique .....	40
<b>CHAPITRE IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>42</b>
IV.1. Conclusion .....	42
IV.2. Recommandations.....	43
<b>REFERENCES.....</b>	<b>44</b>

## **LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS**

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**ABV** : Pourcentage d'alcool par volume

**BBN** : Bureau Burundais de Normalisation et contrôle de la qualité

**BBT**: Bleu de Bromothymol

**EPT** : Eau peptonée tamponnée

**FMAT** : Flore Mésophile Aérobie Totale

**HACCP**: Hazard Analysis Critical Control Points

**ISO** : International Organisation for Standardisation

**INR**: Rapport International Normalisé

**IR**: Indice réfractométrique

**MKTTn**: Bouillon Müller Kaufman au tétrathionate-novobiocine

**NF**: Norme Française

**OGA**: gélose glucosée à l'oxytétracycline

**PCA** : Plate Count Agar

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**RVS**: Bouillon rapport Vasiliadis Soja

**UFC** : Unité Formant Colonie

**VRBL** : Milieu Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre

**XLD** : gélose xylose lysine desoxycholate

## **LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES**

### **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1:</b> Paramètres physico-chimiques des trois boissons au gingembre .....	32
<b>Tableau 2:</b> Résultats des analyses microbiologiques des boissons Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi.....	40

### **LISTE DES FIGURES**

<b>Figure 1:</b> (A) représentation d'une plante de gingembre , (B) les inflorescences de gingembre et (C) le rhizome de gingembre .....	5
<b>Figure 2:</b> Structures chimiques des différents analogues du gingérol et du shogaol.....	6
<b>Figure 3:</b> (A) structure chimique de la zingerone et (B) structure chimique du paradol .....	6
<b>Figure 4:</b> Diagramme général de fabrication de la boisson alcoolisée au gingembre .....	12
<b>Figure 5:</b> Photos de trois boissons à base de gingembre: (A) Raha Tangawizi, (B) Akanovera Tangawizi et (C) Akayabagu Tangawizi .....	20
<b>Figure 6 :</b> Photos représentant la de détermination du pH:(A) solutions tampons, (B) échantillon de boisson au gingembre, (C) un pH-mètre .....	22
<b>Figure 7:</b> Photos représentant la de détermination du degré Brix:(A) le réfractomètre, (B) la lecture au refractomètre .....	22
<b>Figure 8:</b> Photos représentant la de détermination de la teneur en alcool:(A) montage de distillation, (B) le distillat, (C) lecture avec l'alcoomètre .....	24
<b>Figure 9 :</b> Photos représentant la détermination de l'acidité totale : (A) l'échantillon sous une agitation, (B) montage de titration .....	24
<b>Figure 10 :</b> Photos représentant la détermination de l'acidité volatile:(A) l'échantillon sous une agitation, (B) montage de distillation, (C) montage de titration .....	25
<b>Figure 11:</b> Processus de préparation des dilutions.....	26
<b>Figure 12:</b> Processus d'ensemencements.....	26
<b>Figure 13:</b> pH des trois boissons à base de gingembre .....	33
<b>Figure 14:</b> Degré Brix des trois boissons à base de gingembre .....	34
<b>Figure 15:</b> Teneur en alcool éthylique des boissons Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi .....	35
<b>Figure 16:</b> Acidité sous forme d'acide lactique des échantillons des trois boissons à base de gingembre .....	37
<b>Figure 17:</b> Acidité sous forme d'acide acétique des échantillons des trois boissons analysées. .	38

## **AVANT- PROPOS**

Le gingembre est une racine couramment utilisée dans les boissons pour ses propriétés médicinales. Les boissons à base de gingembre sont populaires dans le monde entier, et leur consommation est souvent associée à une gamme de bienfaits pour la santé, tels que l'amélioration de la digestion, la réduction de l'inflammation et le soutien du système immunitaire. Cependant, la qualité de ces boissons peut varier considérablement d'un fabricant à l'autre.

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur certains paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues dans la Mairie de Bujumbura, en utilisant une approche approfondie pour évaluer la qualité et la sécurité de ces produits pour les consommateurs.

Ce travail est réalisé dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude en vue d'obtenir le diplôme de Master en sciences chimique, orientation : Contrôle et Analyses Chimiques. Il a pour objectif : « Contrôler la qualité des boissons Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi à base de gingembre vendues en Mairie de Bujumbura ».

Les résultats permettront d'avoir un meilleur aperçu de la qualité des produits consommés par la population locale et identifieront les éventuels points d'amélioration. Cela contribuera à promouvoir la consommation de produits sains et sûrs pour la santé des consommateurs.

## **INTRODUCTION GENERALE**

Le gingembre est une espèce de plantes originaire d'Asie, dont on utilise le rhizome en cuisine et en médecine traditionnelle (Mokhtar & Amine, 2017 ; Hu et al., 2011). Ses vertus thérapeutiques très connues dans la médecine traditionnelle depuis longtemps lui ont conféré une place très importante et une large utilisation dans le monde (Marc et al., 2018). Il est également utilisé dans la production des boissons comme la bière au gingembre, le soda au gingembre et le vin de gingembre en raison de ses caractéristiques odorantes et de ses saveurs piquantes (Vasala, 2012; Nandkangre & Ouedraogo, 2015; Cherrrt-Romeih, 2022; Campbell et al., 2016; Canakapalli, 2019; Mendi et al., 2009 ; Adeniran et al., 2010).

Les boissons à base de fruits ou légumes occupent une place très importante dans la vie de l'homme (Clément et al., 2018). Elles contiennent du manganèse, du phosphore et du magnésium, du calcium, du sodium, du fer, la vitamine B3, et en plus petite quantité des vitamines B1, B2 et C. Elles sont fabriquées généralement de façon industrielle mais aussi de façon artisanale. Elles comprennent les jus, les boissons non alcoolisées et les boissons alcoolisées (Samira & Kamilia, 2021; Marc et al., 2018).

Parmi celles-ci, les boissons Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi à base de gingembre sont connues au Burundi. Leur goût piquant rappelant celui du piment est fortement apprécié par les consommateurs. Elles sont vendues dans des boutiques situées le long des routes, dans les marchés et dans les zones à forte densité comme par exemples dans des gares routières par des commerçants ambulants (enfants). En raison de leur coût accessible à tous les budgets, ces boissons occupent une place très importante dans les habitudes alimentaires des populations.

Soulignons cependant que les produits agro-alimentaires sont généralement le siège de diverses altérations. Ces altérations sont souvent liées aux micro-organismes et à des modifications des paramètres physico-chimiques. Elles peuvent survenir pendant la production, le stockage et la distribution. Ces altérations se traduisent non seulement par la dégradation de la qualité organoleptique, mais aussi par des risques pour la santé des consommateurs (Detto et al., 2020). De ce fait, la qualité microbiologique des boissons constitue un paramètre essentiel permettant de veiller à la sécurité sanitaire des consommateurs.

Dans un contexte d'assurance-qualité, les bonnes pratiques d'hygiène constituent des facteurs clés pour l'obtention de boissons de bonne qualité (Mathurin et al., 2021).

Les levures et moisissures en excès peuvent entraîner une altération rapide des boissons et les rendre impropres à la consommation. Il est important de noter que différentes souches de levures et de moisissures peuvent avoir des préférences de pH légèrement différentes, en général, un pH légèrement acide à neutre 2 à 8,5 et de très faibles teneurs en eau sont favorables à leur développement, le pH est un facteur important à prendre en compte lors de la manipulation et du stockage des boissons, car il peut influencer la croissance des micro-organismes indésirables (Bonnefoy et al., 2002).

La présence des germes totaux dans une boisson permet l'estimation de l'inefficacité du traitement thermique. Une mauvaise conservation favoriserait aussi le processus d'altération (Clément et al., 2018). Les microorganismes composant ces germes sont des agents d'altération. Ils renseignent sur la qualité l'hygiénique appliquée (Niaina, 2015).

Des travaux antérieurs ont prouvé que les boissons sont altérées selon qu'elles présentent des différentes modifications (gonflements de bouteilles, présence de précipités au fond des bouteilles et changement de couleur) (Fella & Fethia, 2012; Lynda & Naouel, 2018; Boukhalifa, 2020).

Le non-respect des principes d'hygiène et de salubrité au cours de la production des boissons engendrent des risques sanitaires majeurs qui peuvent causer des maladies responsables d'une importante mortalité. En effet, de nombreuses personnes meurent après avoir ingéré des produits impropres à la consommation (Adamou et al., 2021). En France par exemple, 559 foyers de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) ont été déclarés en 2001 faisant 6700 victimes dont 400 cas de décès (Ebouo n'guessan, 2011).

Les consommateurs sont toujours ravis de voir de nouveaux produits sur le marché, ils cherchent avant tout, un produit sain, de bonne qualité physico-chimique et microbiologique. Ce qui fait que tout produit peu importe sa nature et son origine, doit présenter une garantie contre les risques qui peuvent toucher la santé des consommateurs (Boukhalifa, 2020). Les produits de consommation doivent répondre aux normes de qualité et les processus de production doivent suivre certaines normes d'hygiène et les standards internationaux (Chenouf et al., 2014).

**Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues en Mairie de  
Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi**

---

Deux hypothèses pourraient être dégagées de ce qui précède:

- ❖ Les boissons au gingembre produites et commercialisées au Burundi gardent-elles les propriétés physico-chimiques et microbiologiques non dangereuses avant la date d'expiration ?
- ❖ Les changements physiques observés lors de la conservation (gonflements de bouteilles, présence de précipités au fond de bouteilles et changement de couleur) ne dépendent-ils pas de changement physicochimiques ou des contaminations microbiologiques ?

Le présent travail a pour objectif global de contrôler la qualité des boissons Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi à base de gingembre vendues en Mairie de Bujumbura. Le contrôle de qualité de ces boissons nous permettra d'avoir une idée sur les risques qui peuvent encourir les consommateurs pour leur santé et de mesurer le degré de respect des conditions d'hygiène au niveau de l'unité de transformation.

Objectifs spécifiques; ce travail vise à:

- ❖ vérifier si les doses indiquées sur les étiquettes restent invariable avant la date d'expiration.
- ❖ Comparer les résultats obtenus avec les normes de réglementation internationale en matière de telles boissons.

Afin d'atteindre ces objectifs, il est question d'une part, de déterminer quelques paramètres physicochimiques tels que le pH, le degré Brix, la teneur en alcool éthylique, l'acidité sous forme d'acide lactique et l'acidité sous forme d'acide acétique et d'autre part, de rechercher et dénombrer les germes aérobies mésophiles totales, les coliformes totaux, les levures et moisissures et les Salmonelles éventuellement présents dans les produits finis.

Cette étude s'articule sur quatre chapitres :

- Le premier chapitre porte sur la revue de la littérature
- Le deuxième chapitre rapporte sur une étude expérimentale exposant le matériel et les méthodes utilisés dans cette étude. Ce chapitre énumère de manière détaillée, la méthode d'échantillonnage, les dispositifs et les protocoles expérimentaux, de même que les techniques analytiques employées.
- Le troisième chapitre présente successivement les résultats, interprétation et la discussion. En fin, une conclusion générale et les recommandations se présente en dernier chapitre.

## **CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE**

### **I.1. Généralités sur le gingembre**

#### **I.1.1. Historique**

Le mot gingembre (*zingiber officinale*) est né il y a plus de 3000 ans, il serait issu du sanskrit shringavera qui signifie « en forme de bois de cerf » ou « en forme de corne » en référence à la forme de son rhizome ; il apparaîtra plus tard le terme grec ziggiberis, qui serait lui-même issu de l'arabe zangabîl , mot par lequel il désignait aussi les habitants de la Côte Est de l'Afrique et d'où vient le nom de "Zanzibar", où les Arabes allaient chercher le gingembre, puis deviendra la forme latine zingiber. Celle-ci à son tour donnera en vieux français « gingibre », qui au fil du temps, deviendra le « gingembre » que nous connaissons, et qui fera sa première apparition à partir du XIIIe siècle (Pinson, 2012; Sekoura & Maya, 2021).

Marco Polo a découvert le gingembre lors d'une visite en Chine au XIIIe siècle et l'a transporté en Europe. Au cours de la même période, Il gagna l'Afrique de l'Est, Orientale et Occidentale depuis l'Inde par les marchands arabes et les navigateurs portugais. Plus tard, au XVIe siècle, les portugais l'introduisirent en Afrique de l'Ouest (Semwal et al., 2015). Le gingembre (*zingiber officinale*) est actuellement très connu dans le monde en raison de son caractère aromatique et occupe 6% des importations dans le marché international (Mbolanirina, 2010).

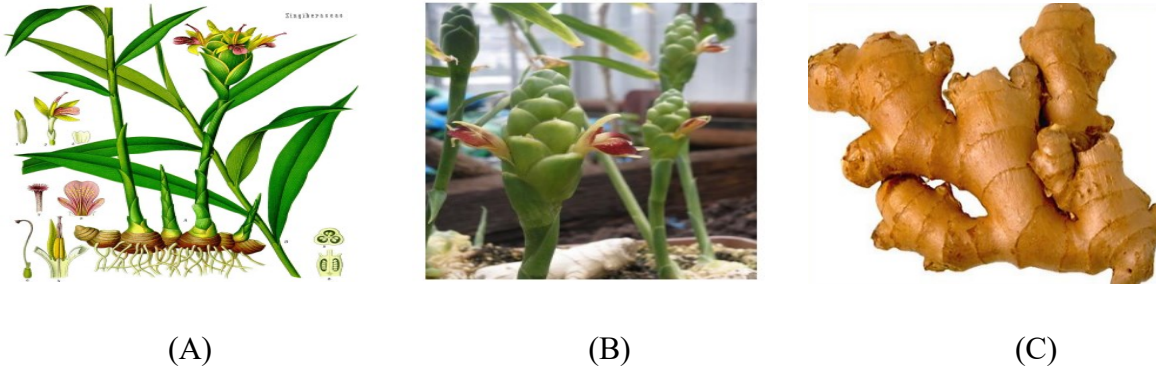
Au Burundi, on ne s'est pas quand cette plante a été introduite.

#### **I.1.2. Description de la plante**

Le gingembre (*zingiber officinale*) est une plante appartenant à la famille des zingibéracées, originaire des régions tropicales d'Asie du sud-est dont la taille peut varier entre 30 et 90 cm de haut (Amani et al., 2004). Les feuilles persistantes sont longues et odorantes. Les fleurs sont rouges sur les lèvres, bractées vert et jaune. Après la floraison, un court épi axillaire renfermant les graines noires enfermées dans des capsules trivalves apparaît au bout d'une tige couverte d'écailles (Hayat, 2016). La partie souterraine utilisée est le rhizome. Celui-ci possède une saveur aromatique plus ou moins piquante, légèrement amère (Sekoura & Maya, 2021).

Cette partie est garnie de nœuds, de racines adventives et des tiges aériennes qui peuvent porter les feuilles. Il fait office de réservoir d'énergie de la plante (Pinson, 2012).

Il possède une peau beige et une chair jaune parfumée et juteuse. En vieillissant, il se couvre d'épaisses écailles et devient plus fibreux (Butin, 2018).

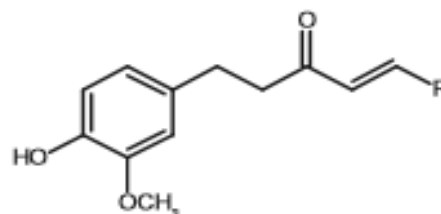
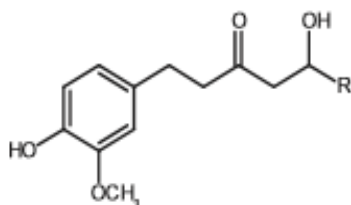


**Figure 1:** (A) Représentation d'une plante de Gingembre (Richard, 2017), (B) les inflorescences de gingembre (Butin, 2018) et (C) le rhizome de gingembre (Houda et al., 2017)

### **I.1.3. Composition chimique**

Le rhizome est très riche en amidon (60 %). Il contient des protéines, des graisses (10 %), de l'huile essentielle et une résine. Le goût chaud et piquant est causé par un certain nombre de composants, principalement les gingérols, suivis des shogaols et de la zingérone (Vasala, 2012). La concentration de gingérol constituant majeur du gingembre frais est plus faible dans le gingembre séché, tandis que la concentration en shogaol augmente (Angele, 2013). Il est essentiellement riche en minéraux comme le manganèse, le phosphore et le magnésium, mais il contient aussi du calcium, du sodium et du fer. Il contient de la vitamine B3, et de plus petites quantités des vitamines B1, B2. Le gingembre frais contient de la vitamine C, mais une fois séché, on ne trouve plus de trace de cette vitamine (Mokhtar & Amine, 2017).

A partir du rhizome du gingembre sont extraites une oléorésine (6 %) et une huile essentielle (1-3 %). Ces deux extraits sont destinés à l'aromatisation des aliments, tandis que seule l'huile essentielle est utilisée dans la parfumerie. L'oléorésine contient les composés chimiques à l'origine de la saveur piquante, tels que le gingérol (15 %). La composition de l'huile essentielle (monoterpénoïdes et les sesquiterpénoïdes) varie beaucoup suivant l'origine géographique mais on retrouve des composés odorants comme le zingiberène, le curcumène, le camphène, le bisabolène, le citral et le linalol (El-Hassen & Salah, 2017 ; Vasala, 2012).



6-Gingérol [R= (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>]

6-Shogaol [R= (CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>]

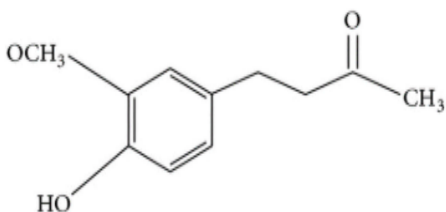
8-Gingérol [R= (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>CH<sub>3</sub>]

8-Shogaol [R= (CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>CH<sub>3</sub>]

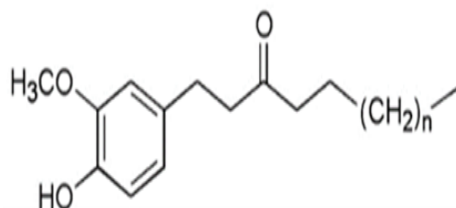
10-Gingérol [R= (CH<sub>2</sub>)<sub>8</sub>CH<sub>3</sub>]

10-Shogaol [R= (CH<sub>2</sub>)<sub>8</sub>CH<sub>3</sub>]

**Figure 2:** Structures chimiques des différents analogues du gingérol et du shogaol (Park et al., 2013; Semwal et al., 2015)



(A)



(B)

**Figure 3:** (A) structure chimique de la zingerone (Ahmad et al., 2015) et (B) structure chimique du paradol (Insaf & Farah, 2021)

#### I.1.4. Intérêts de gingembre

Depuis des siècles, le gingembre fait partie des stratégies de guérison en Asie, en Inde, en Europe et au Moyen-Orient pour le traitement de troubles tels que les maux d'estomac, le diabète et les irrégularités menstruelles, il aide à réduire le mauvais cholestérol et le taux de sucres dans le sang (Singletary, 2010).

Il est scientifiquement prouvé qu'il peut atténuer les symptômes de nausées et de vomissements à la suite d'une grossesse (Campbell et al., 2016), d'un traitement anticancéreux ou du mal des transports (Nandkangre et al., 2015; Salmon et al., 2012). Il a un effet bénéfique pour favoriser l'appétit, on lui trouve également des propriétés antiinflammatoires, antibactériennes, antioxydants, antifongiques contre une grande variété de champignons et antivirales qui permettent de soulager les douleurs et les effets d'une grippe (Canakapalli, 2019; Mendi et al., 2009; Adeniran et al., 2010; Hu et al., 2011).

Le gingembre permet d'augmenter le niveau de testostérone en améliorant les mécanismes de sa fabrication. Des études réalisées sur des rats ont permis de démontrer qu'une prise de 100 mg/kg de gingembre en poudre, tous les jours pendant 20 jours, avait permis d'augmenter significativement le taux de testostérone. Les chercheurs expliquent que cette activité du gingembre serait due à sa composition en principes actifs, notamment le 6-Gingérol et le 6-Shogaol qui permettent d'augmenter le flux sanguin au niveau des testicules (Gholami-Ahangaran et al., 2021).

En ce qui concerne l'hypertension, le gingembre peut avoir des effets bénéfiques du fait qu'il contient des composés bioactifs tels que les gingerols et les shogaols, qui ont des effets anti-inflammatoires et antioxydants. Ces propriétés pourraient contribuer à la réduction de la pression artérielle. La consommation quotidienne de gingembre était associée à une diminution du risque d'hypertension et de maladie coronarienne chez les adultes plus de 18 ans. Le gingembre a donc une propriété préventive potentielle contre certaines maladies chroniques, en particulier l'hypertension (Ahlam & Chaima, 2021).

#### **I.1.5. Inconvénients liés à la consommation du gingembre**

Le gingembre est généralement considéré comme une plante médicinale sans danger (Meriem & Hiba, 2017). La consommation orale de gingembre est généralement bien tolérée, mais des doses supérieures à 5 grammes par jour peuvent augmenter le risque d'effets indésirables (problèmes gastro-intestinaux, réactions allergiques, sur la coagulation sanguine, interaction médicamenteuse) et diminuer la bonne tolérance (Sandra & Charline, 2011).

Le gingembre peut avoir les effets sur les médicaments antidiabétiques en entraînant une augmentation du risque d'hypoglycémie. Des études montrent une possible augmentation des taux d'insuline après la prise de gingembre, et donc une possible addition d'effet avec les médicaments antidiabétiques pouvant en conséquence provoquer des hypoglycémies (Akhani et al., 2010). De plus, le gingembre peut également avoir un effet anticoagulant, c'est-à-dire qu'il peut fluidifier le sang et empêcher la coagulation normale. Si vous avez des problèmes de saignement ou si vous prenez des médicaments anticoagulants tels que l'aspirine, la warfarine..., l'association avec le gingembre peut augmenter le risque de saignement par addition d'effets.

Dans une étude clinique sur des patients sous warfarine consommant différents types de suppléments naturels, il a été montré une augmentation statistiquement significative du nombre de saignements rapportés chez les patients consommant du gingembre et de la warfarine mais sans augmentation de l'INR (Rapport International Normalisé). Plusieurs autres études in vitro et in vivo démontrent que le gingembre diminue l'agrégation plaquettaire par inhibition de la thromboxane synthase. Il existe donc une augmentation du risque de saignement en cas d'association (Sandra & Charline, 2011).

Le gingembre provoque aussi une pathologie cardiaque par sa possible action inotrope et chronotrope négative qui peut dégrader la fonction cardiaque chez les individus sensibles, en affaiblissant la contraction du muscle cardiaque (Ghayur & Gilani, 2005).

## **I.2. Généralités sur les boissons au gingembre**

### **I.2.1. Historique et généralités sur les boissons au gingembre**

Au Moyen-âge, dans une majeure partie de l'Europe on consommait l'hypocras (vins chauds et épicés au gingembre dont le nom vient d'Hippocrate; le père de la médecine) pour « se rafraîchir », c'est-à-dire diminuer la « température » du corps en excès de sang ou de bile jaune ou réchauffer le corps, selon les besoins (Hébel, 2011).

Le gingembre est aussi consommé en Afrique de l'Ouest sous forme de jus pressé (sucré) communément appelé Gnamankoudji. Cette boisson est très bien répandue par exemple dans les marchés et les rues d'Abidjan (Côte d'Ivoire) et y est considérée comme boisson ayant des effets aphrodisiaques (Adamou et al., 2021; Marc et al., 2018).

La bière de gingembre est produite en Jamaïque où elle serait consommée depuis plusieurs siècles et par l'Angleterre où elle est consommée depuis le 17<sup>ème</sup> siècle, et est connue sous l'appellation anglaise « Ginger beer ». La Ginger beer est une boisson brassée et fermentée à base d'eau, de sucre (ou de miel) et surtout de gingembre additionné d'épices (El-Hassen & Salah, 2017).

Cette boisson est à faible teneur en alcool caractérisée par une carbonatation, une saveur acide et rafraîchissante, l'arôme typique du gingembre, une couleur jaune clair et un aspect translucide (Louise et al., 2023; Canakapalli, 2019).

Au Canada, on produit plus récemment une boisson appelée Ginger Ale. Cette boisson est proche de la bière de gingembre et est simplement obtenue sans fermentation, à partir d'eau gazeuse, de sucre, de sirop ou d'extrait de gingembre et de conservateurs (Louise et al., 2023).

En France, on produit une boisson appelée liqueur de gingembre dénommée Domaine de Canton Ginger Liqueur qui est obtenue à partir de la distillation d'une boisson fermentée de gingembre (Méddy, 2018).

### **I.2.2. Quelques ingrédients essentiels utilisés dans la production des boissons au gingembre**

Les ingrédients suivants sont utilisés dans la production des boissons au gingembre: extrait liquide de gingembre, levure œnologique et culture bactérienne, eau potable, ananas, banane, sucre, citron et le thé vert (BBN, 2022).

Quant à la boisson Raha Tangawizi, les ingrédients suivants sont utilisés au cours de sa production: eau potable, extrait liquide de gingembre, acide citrique, le miel, les arômes (Rosemary ou Romarin, Thym.) et le thé noir. Pour la boisson Akanovera Tangawizi, les ingrédients utilisés sont entrain autres: le miel, le citron, eau potable, le gingembre et Aloe Vera. Enfin, la boisson Akayabagu Tangawizi est fabriquée sur base du gingembre, de l'eau potable et du Turmeric (Curcuma).

#### **I.2.2.1. Eau potable**

Toute eau est considérée comme potable si elle n'affecte pas la santé du consommateur à court, moyen et long terme. Elle ne doit pas contenir de germes des maladies, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable (Fouzia & Sabira, 2017). En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable. Les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable font l'objet d'une réglementation (Coulibaly, 2005).

#### **I.2.2.2. Extrait liquide de gingembre**

Le gingembre contient une quantité élevée de composés actifs qui sont des substances souhaitées en raison de leur goût, de leur odeur et de leurs effets pharmacologiques. Pour utiliser les composés actifs du gingembre, ils doivent être libérés de la racine de gingembre (rhizome) par extraction à l'aide d'un solvant, généralement de l'eau (Lancia, 2005).

### **I.2.2.3. Acide citrique**

L'acide citrique est connu comme additif alimentaire qui peut être utilisé comme agent antioxydant ou pour ses qualités aromatiques, il a un effet bactériostatique en acidifiant le milieu (Fatima & Lydia, 2018). Il peut aider à prolonger la durée de conservation de la boisson en inhibant la croissance des bactéries et des moisissures. Cela est particulièrement utile lorsque la boisson est préparée en grande quantité ou lorsqu'elle doit être stockée pendant une longue période (Hassina et al., 2015).

L'ajout d'acide citrique aide également à ajuster et à équilibrer le pH de la boisson. Cela peut être particulièrement important lorsque d'autres ingrédients sont ajoutés à la boisson, comme le miel ou les jus de fruits, qui peuvent avoir des effets sur le pH global de la boisson (Antoine, 2014). L'ajout d'acide citrique dans les boissons au gingembre peut apporter une note d'acidité agréable qui équilibre la saveur piquante du gingembre. (Voir l'image dans l'annexe 1)

### **I.2.2.4. Miel**

Le gingembre a une saveur piquante et épicée qui peut être atténuée par l'ajout de miel. Le miel apporte une douceur naturelle qui équilibre la saveur intense du gingembre, rendant la boisson plus agréable à déguster pour certaines personnes. C'est un édulcorant naturel largement répandu dans le monde et utilisé pour diverses applications thérapeutiques et nutritionnelles (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Le miel est utilisé pour édulcorer les boissons, possède également des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes sur un certain nombre d'agents pathogènes intestinaux, notamment Salmonella (Adeniran et al., 2010).

### **I.2.2.5. Arômes**

Les arômes sont utilisés pour améliorer ou modifier l'odeur et/ou le goût pour le bénéfice du consommateur. Les arômes sont les ingrédients alimentaires possédant des propriétés aromatiques et médicinales. Ils sont volontairement ajoutés aux produits dans un but de leur conférer une saveur particulière (Fatima & Lydia, 2018).

**a. Rosemary (Romarin)**

Le romarin est l'une des plantes aromatiques, médicinales mondialement connu comme conservateur naturel en raison de ses activités antioxydantes, des composés anti-inflammatoires, antifongiques et antimicrobiennes élevées qui peuvent être justifiée par l'existence de composés phénoliques parmi lesquels les diterpènes phénoliques et l'acide rosmarinique sont connus comme les principaux composés responsables de l'activité antioxydante du romarin (Ebrahimi et al., 2020; Ghasemzadeh et al., 2016). (Voir l'image dans l'annexe 2)

**b. Thym**

Le thym est une herbe aromatique et médicinale qui sert à parfumer et conserver les produits. L'huile essentielle de thym est riche en antioxydants et est connu pour ses propriétés antibactériennes, antifongiques et anti-inflammatoires (Soumia et al., 2021). Deux composés du thym lui permettant de posséder un tel statut sont : le thymol (substance bactéricide ) et la vitamine E (Hanan & Mohamed, 2017). (Voir l'image dans l'annexe 3)

**I.2.2.6. Thé noir**

Le gingembre et le thé sont tous deux connus pour leurs propriétés bénéfiques pour la santé. Le gingembre est souvent utilisé comme remède naturel pour soulager les nausées, améliorer la digestion et réduire l'inflammation. Le thé contient des polyphénols possédant de puissantes propriétés antioxydantes et sont capables de piéger les radicaux libres formés en réponse à des agressions de l'environnement, favoriser aussi la relaxation ou stimuler le métabolisme (Laib et al., 2021).

**I.2.2.7. Aloe Vera**

L'Aloe vera est une plante succulente vivace médicinale originaire de l'Afrique du Sud et de l'Est, utilisée depuis l'antiquité dans plusieurs régions dans le monde pour ses propriétés antivirales antimicrobiennes antifongiques et anticancéreuses (Gharib & Salma, 2021). (Voir l'image dans l'annexe 4)

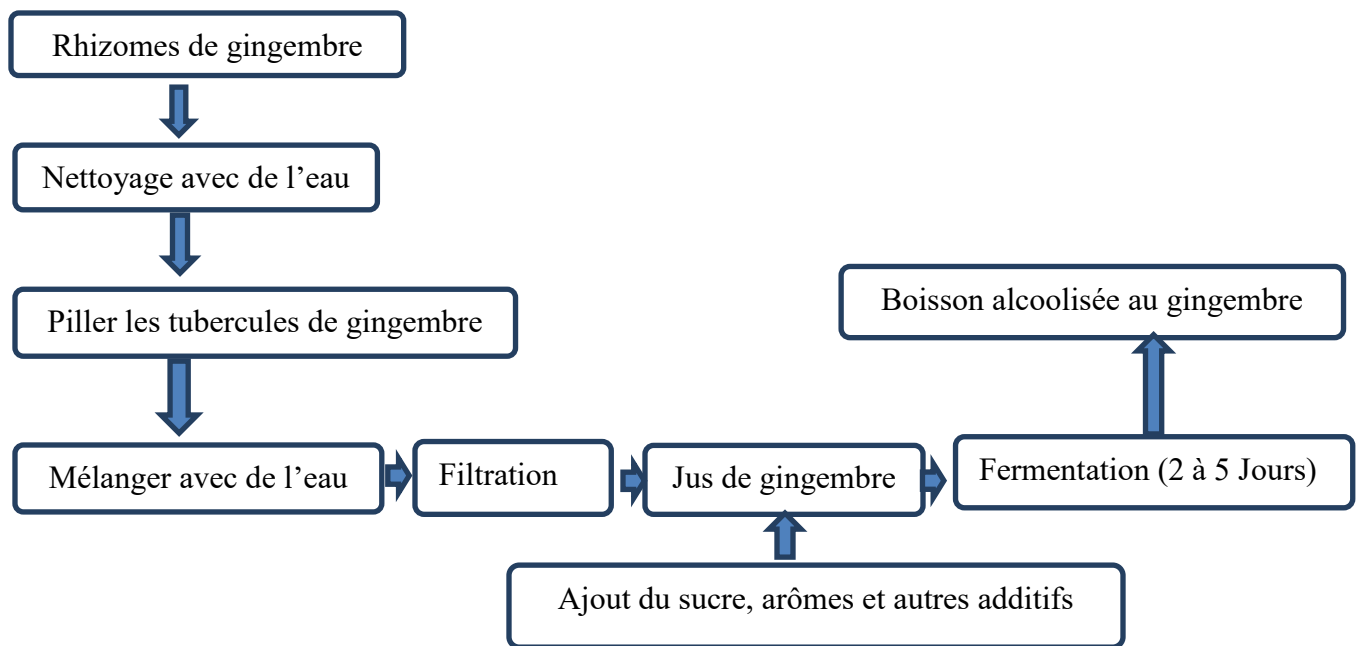
### I.2.2.8. Curcuma

Le curcuma est connu pour ses propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes. Il contient un composé actif appelé curcumine, qui est associé à de nombreux bienfaits potentiels pour la santé, tels que la réduction de l'inflammation, le renforcement du système immunitaire et le soutien des fonctions cognitives. Le curcuma a une couleur jaune vif qui peut ajouter une belle teinte dorée aux boissons de gingembre. Cela peut améliorer l'attrait visuel de la boisson et lui donner un aspect plus attrayant (Jourdan, 2017). L'ajout de curcuma aux boissons de gingembre permet de profiter de ces bienfaits supplémentaires. (Voir l'image dans l'annexe 5)

### I.2.3. Procédure générale de fabrication des boissons alcoolisées au gingembre

Les rhizomes de gingembre frais ou séchés, écrasés, râpés ou réduits en poudre, sont utilisés pour la préparation des boissons au gingembre.

La figure 4 ci-dessous montre le diagramme général de fabrication des boissons alcoolisées au gingembre.



**Figure 3:** Diagramme général de fabrication de la boisson alcoolisée au gingembre (Méddy, 2018)

#### **I.2.4. Conditionnement**

Le conditionnement des boissons se fait généralement en 5 étapes essentielles à savoir: lavage des bouteilles, remplissage, bouchage «ou capsulage », étiquetage et mettre en bouteille (Boukhalfa, 2020).

##### **I.2.4.1. Lavage des bouteilles**

C'est une opération très importante dans la fabrication des boissons qui vise à éliminer les contaminants, les résidus et les impuretés des bouteilles avant leur remplissage avec la boisson, car la qualité des produits finis dépend de la propreté de leur contenant. Le lavage permet d'éliminer non seulement des saletés et les tâches internes et externes des bouteilles, mais également les germes pathogènes à la stabilité de la boisson. Les bouteilles doivent être à la fin brillantes, propres et stériles.

##### **I.2.4.2. Remplissage**

Le remplissage des bouteilles est un processus essentiel dans l'industrie des boissons pour assurer la distribution efficace et la disponibilité des produits sur le marché.

Dès que la boisson est prête et que les bouteilles sont lavées et désinfectées en utilisant le lavage à eau chaude et au savon, ces dernières sont destinées au remplissage. C'est un processus complexe qui exige une précision.

##### **I.2.4.3. Bouchage « ou capsulage »**

Le bouchonnage, également appelé capsulage, est le processus de fixation d'un bouchon ou d'une capsule sur une bouteille pour sceller hermétiquement le contenu. C'est une étape cruciale dans la production des boissons en bouteille, car elle garantit l'intégrité du produit et préserve sa fraîcheur et sa qualité. Cette opération se fait à l'aide d'un appareil spécifique qui effectue des mouvements rotatoires.

##### **I.2.4.4. Etiquetage**

L'étiquetage est une étape essentielle dans la production, car il permet d'identifier et d'informer les consommateurs sur le produit. Cette opération consiste à coller les étiquettes sur les bouteilles. L'étiquette donne des informations importantes sur le nom du produit, la marque, les ingrédients, les informations nutritionnelles, les avertissements, les dates de péremption, etc.

#### **I.2.4.5. Mise en bouteille**

Les bouteilles lavées seront remplies, bouchées et étiquetées, puis elles seront destinées vers le stockage et vers le marché. Cette étape est essentielle dans l'industrie, car il permet de préserver la qualité, la fraîcheur et la sécurité du produit.

#### **I.2.5. Contrôle de qualité des boissons**

Le contrôle de qualité est un processus essentiel visant à garantir que les produits répondent aux normes de qualité. Il englobe les activités et les mesures mises en place pour surveiller et évaluer la conformité des produits aux spécifications et aux exigences promises aux clients (Wassila, 2019).

Les boissons sont sensibles à la contamination microbiologique en raison de leur forte teneur en sucre. Pour avoir un produit final répondant aux normes, il faut minimiser les risques de contamination en appliquant le système HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) signifiant « Analyse des dangers – Point critique pour leur maîtrise » (Ebouo n'guessan, 2011). Ce système passe par un ensemble de processus qui va de la maîtrise de la qualité des matières premières brutes, jusqu'au contrôle du produit fini en passant par les différents points critiques de la chaîne de production (Fouzia & Sabira, 2017). Il permet de gérer la sécurité et la qualité et est considéré comme l'un des meilleurs outils pour résoudre et maîtriser les problèmes qu'on peut rencontrer lors du processus de transformation des boissons, leur distribution, leur vente, dans le but de fournir aux consommateurs des produits sains en évitant tout effet nocif sur leur santé (Boukhalfa, 2020).

Le produit final doit être de bonne qualité, et pour cela, il est important de passer de la phase d'extraction à la phase de pasteurisation et la mise en bouteilles le plus rapidement possible, dans le but de minimiser les risques d'altération issus de l'action des microorganismes. Une boisson laissée exposée trop longtemps à la chaleur subira des fermentations en raison de l'activité des enzymes. Donc, la boisson doit être conservée dans un endroit frais, loin de la lumière directe de soleil, et versée dans un récipient propre, stérile (des contenants en plastique de qualité alimentaire) et couverte, pour qu'elle soit protégée des saletés, de la poussière et des insectes.

La qualité de la production doit être surveillée et contrôlée quotidiennement, dans le but de garantir la bonne qualité de chaque bouteille de boisson en termes de conservation et de consommation (Amira, 2018).

### **I.2.5.1. Qualité physicochimique et caractéristiques des paramètres étudiés**

La qualité physicochimique d'une boisson fait référence aux caractéristiques physiques et chimiques qui influencent sa composition, son goût, son arôme, sa stabilité et sa sécurité. Les contrôles de qualité réguliers permettent aux producteurs de garantir la satisfaction des consommateurs. Des produits de qualité inférieure ou présentant des défauts peuvent nuire l'image de l'entreprise et entraîner une perte de confiance des consommateurs. L'appréciation de la qualité se base sur la mesure des paramètres physico-chimiques susceptibles de favoriser le développement de micro-organismes, indicateurs d'une bonne qualité (Chabha & Imene, 2013).

Le contrôle de qualité veille à ce que ces caractéristiques soient préservées, en vérifiant des paramètres tels que le pH, le degré Brix, la teneur en alcool, l'acidité, ...etc.

#### **a. pH**

Le potentiel d'hydrogène (pH) est l'une des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux. Relativement facile à mesurer, le pH est utilisé dans de nombreux domaines comme variable opératoire qui caractérise le produit fini afin de contrôler la qualité. C'est un indicateur de l'acidité ou de l'alcalinité sans unité. La contamination de boissons par des microorganismes indésirables est facilitée par l'augmentation du potentiel d'hydrogène (au-delà de pH = 4); ce qui va favoriser la croissance des bactéries en entraînant une accumulation de sous-produits métaboliques conduisant à la biodégradation des boissons. Tout au long de la chaîne de production, le pH est l'indicateur de « l'état de santé » du produit. Le pH exprime une acidité réelle qui joue un rôle dans la physico-chimie de la boisson de façon qualitative (Huberson, 2008).

### **b. Degré Brix**

Le degré Brix est défini comme étant la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. C'est une mesure importante pour évaluer la teneur en sucre des boissons, Il fournit des informations sur la quantité de sucre, et est exprimé en pourcentage de saccharose par poids de solution. Par exemple, une boisson avec un degré Brix de 10 signifie qu'il contient 10 g de sucre dans 100 g de solution (Wassila, 2019).

### **c. Teneur en alcool**

La teneur en alcool d'une boisson est une mesure de la quantité d'alcool qu'elle contient. Elle est généralement exprimée en pourcentage d'alcool par volume (ABV). Par exemple, une boisson avec une teneur en alcool de 40 ABV signifie qu'elle contient 40 millilitres d'alcool pur pour chaque 100 millilitres de boisson (Sy, 2017).

Le contrôle de la teneur en alcool des boissons est important pour protéger la santé publique, prévenir les comportements à risque liés à l'alcool, harmoniser les normes et les réglementations, ainsi que pour fournir des informations précises aux consommateurs.

Des niveaux élevés de consommation d'alcool peuvent être associés à des risques accrus de problèmes de santé tels que les maladies du foie, les problèmes cardiovasculaires et les troubles liés à la consommation d'alcool (Estelle, 2019).

### **d. Acidité totale**

Les boissons possèdent un grand nombre de substances qui ont des propriétés acides; certaines sont dites fixes du fait qu'elles ne peuvent pas être séparées par distillation, d'autres sont dites volatiles, du fait qu'elles sont plus ou moins déplaçables par un simple chauffage. L'acidité totale se définit comme une somme des acidités titrables (tartrique, malique, citrique, lactique, etc.) présents dans une solution (Lonvaud et al., 1995).

Elle est généralement exprimée en termes de concentration en acide tartrique, malique et citrique et est utilisée pour évaluer l'acidité totale des substances, telle que les aliments et les boissons.

La connaissance de l'acidité totale titrable permet l'appréciation quantitative de la somme des substances acides de la boisson (Akila et al., 2007).

#### **e. Acidité volatile**

L'acidité volatile est une mesure de la quantité d'acides organiques volatils présents dans une substance qui sont séparables par distillation. Elle est liée, en général, à une teneur en acide acétique résultant des fermentations secondaires (Oumar Ibn Khatab, 2020). Les acides lactique, succinique et sorbique, de même que le gaz carbonique et l'anhydride sulfureux ne sont pas pris en compte.

Elle est principalement utilisée dans l'industrie de boisson pour évaluer la conformité aux normes de qualité et la stabilité des boissons. L'acidité volatile est donc un véritable indicateur de l'état des boissons (Lonvaud et al., 1995).

#### **I.2.5.2. Qualité microbiologique et caractéristiques des principaux germes de contamination étudiés**

L'objectif du contrôle de la qualité microbiologique est d'assurer une bonne sécurité hygiénique et une bonne qualité marchande des produits fabriqués et de savoir si ces derniers ne sont pas dangereux pour la santé des consommateurs (Mathurin et al., 2021; Adamou et al., 2021). Elle fait référence à la présence et à l'activité des micro-organismes tels que les bactéries, les levures, les moisissures et les virus dans un produit. Dans le contexte des boissons, la qualité microbiologique est un aspect essentiel pour garantir sa sécurité et sa durée de conservation. Dans le cas des boissons fermentées, les analyses microbiologiques ont permis de définir les germes responsables de la fermentation et d'évaluer leurs qualités hygiéniques et sanitaires (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Les germes se trouvant dans l'aliment lui-même (origine endogène) ou véhiculés par l'eau et le sol (origine exogène) sont à l'origine de contamination primaire des denrées. Par la suite, lorsque ces matières subissent des transformations, la position occupée par ces germes évoluent en fonction de l'environnement (matériels, personnels) et des processus technologiques conduisant au produit fini (Mamisoa, 2019).

### **a. Flore aérobie mésophile totale (FAMT) ou germes totaux**

La flore aérobie mésophile à 30 °C représente l'ensemble des microorganismes se développant en présence d'oxygène. Ils peuvent être des micro-organismes pathogènes ou d'altération. Le dénombrement de la flore totale reste la meilleure méthode permettant d'estimer l'indice de salubrité et de la qualité dans le contrôle industriel (Bonney et al., 2002).

### **b. Coliformes**

Les coliformes sont des entérobactéries fermentant le glucose et le lactose en produisant le dioxyde de carbone carbonique (CO<sub>2</sub>) et des acides organiques. Les coliformes totaux représentent toutes les bactéries aérobies ou anaérobies facultatives, Gram négatif, non sporulés, en forme de bâtonnets mobiles ou non. Les coliformes totaux sont des indicateurs de contamination de l'eau et des aliments.

Ils sont généralement présents dans l'environnement (sol, végétation) mais également dans l'intestin des mammifères dont les humains. Ces bactéries peuvent aussi indiquer un traitement thermique inefficace ou une contamination après le traitement (Niaina, 2015). Les coliformes comprennent principalement les germes : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Lalatianna, 2006).

### **c. Salmonelles**

Les salmonelles sont des entérobactéries, bâtonnets, à Gram négatif, anaérobies facultatives, mobiles, oxydase, elles fermentent le glucose, et réduisent les nitrates en nitrites, à forte contagiosité, responsable des toxi-infections (tel que salmonellose). Les salmonelles sont présentes dans l'intestin de l'homme et des animaux et se multiplient entre 4 et 50°C, leur température de croissance optimale se situe entre 35 et 37°C, elles sont également assez sensibles au sel. Elles se développent à un pH compris entre 4 et 9 avec un optimum entre 6,5 et 7,5. Les nombreuses espèces de salmonelles diffèrent énormément entre elles quant à leur pouvoir pathogène. Bien que la plupart des espèces puissent se retrouver dans les aliments, les normes visent en général celles qui sont à l'origine de toxi-infections plutôt que celles qui sont à l'origine des maladies infectieuses graves (Chabha & Imene, 2013).

#### **d. Flore fongique (les levures et les moisissures)**

Les levures sont des champignons unicellulaires alors que les moisissures sont des champignons filamenteux uni- ou multi cellulaires. Elles sont des champignons microscopiques dont la présence dans les boissons n'est pas souhaitée. Elles provoquent des changements organoleptiques qui rendent les aliments impropres à la consommation tels que : l'altération du goût, le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la durée de conservation des produits.

Les levures ne causent aucun problème d'aspect sanitaire dans l'alimentation, elles interviennent par contre fréquemment comme contaminants et agents de dégradation surtout dans les produits acides, sucrés ou alcoolisés. Les moisissures, quant à elles présentent un risque sanitaire, parce qu'elles produisent des mycotoxines dans les aliments (Mamisoa, 2019).

#### **I.2.6. Altération des boissons alcoolisées**

Les produits agro-alimentaires peuvent être le siège de diverses altérations pendant leur production, stockage et distribution. Ces altérations peuvent émaner de l'action de micro-organismes, de modifications physico-chimiques ou biochimiques, d'enzymes ou de substances microbiennes. Dans la pratique, ces altérations se traduisent par la dégradation de la qualité organoleptique donc de la valeur marchande et par des risques pour la santé des consommateurs (Detto et al., 2020; Boukhalfa, 2020).

## CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

### II.1. Matériel

#### II.1.1. Matériel de laboratoire

Ce matériel est constitué par : béchers, erlenmeyers, burettes, fioles jaugées, ballons, éprouvette graduée, micropipettes, réfrigérateurs, tube effilé, balance analytique, plaque chauffante, tubes à essai, boîtes de pétri, vortex, chauffe-ballon, réfractomètre, étuves, thermomètre, plaque chauffante, bec bunsen, support élévateur, pH mètre, alcoomètre, l'autoclave pour la stérilisation et un compteur de colonie.

#### II.1.2. Matière première

La matière première de cette étude est constituée par trois boissons à base de gingembre telle que Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi vendues en Mairie de Bujumbura (Fig. 5).



(A)



(B)



(C)

**Figure 4:** Photos de trois boissons à base de gingembre: (A) Raha Tangawizi, (B) Akanovera Tangawizi et (C) Akayabagu Tangawizi

## **II.2. Méthodes d'analyse physico-chimique et microbiologique**

### **II.2.1. Echantillonnage**

Les échantillons des trois boissons à base de gingembre ont été achetés auprès de vendeurs en Mairie de Bujumbura en tenant compte de leur date d'expiration. 24 échantillons contenant chacun 330 ml ont été achetés dans 5 points de vente différents à COTEBU, NYAKABIGA, BWIZA, JABE et KAMENGE. Ces points de vente se trouvaient sur les bords des routes et dans les marchés. Dans ces différents points de vente, les boissons sont exposées soit à l'air libre, soit au soleil.

Les échantillons sont transportés au laboratoire pour l'analyse physicochimique et microbiologique sans aucun traitement. Ces analyses ont été effectuées au laboratoire de chimie de l'Université du Burundi et le laboratoire du Bureau Burundais de Normalisation et contrôle de la qualité (BBN).

### **II.2.2. Analyse physico-chimique**

L'analyse physicochimique a été réalisée dans le but de déterminer certaines caractéristiques physicochimiques (pH, degré Brix, teneur en alcool éthylique, acidité sous forme d'acide lactique et l'acidité sous forme d'acide acétique) des produits analysés.

#### **a. Détermination du pH**

Pour déterminer le pH, nous avons utilisé un pH-mètre de marque Consort C6010 pour mesurer la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit.

Après avoir étalonné le pH-mètre à la température de mesure par trois solutions tampons (pH=4, pH=7 et pH =10), nous avons prélevé une prise d'essai (un volume V) de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion des électrodes et nous avons noté par la suite la valeur du pH affichée sur l'écran du pH-mètre (Fig. 6).

Les électrodes ont été rincées avec l'eau distillée avant et après chaque mesure, puis séchées. Trois mesures ont été effectuées à partir d'un échantillon de 330 ml et la moyenne arithmétique de trois déterminations a été prise en considération (AFNOR, 1986).

**Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues en Mairie de Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi**

---



(A)



(B)



(C)

**Figure 5 :** Photos représentant la de détermination du pH:(A) solutions tampons, (B) échantillon de boisson au gingembre, (C) un pH-mètre

**b. Détermination du degré Brix**

Pour mesurer le degré Brix, nous avons utilisé un réfractomètre de marque Novex, qui mesure la réfraction de la lumière à travers la solution.

Nous avons d'abord étalonné l'appareil en réglant au point zéro à l'aide de l'eau distillée. Nous avons ensuite placé une goutte de l'échantillon sur une surface du prisme et abattu le deuxième prisme sur le premier, ce qui permet d'obtenir une couche uniforme de l'échantillon. Enfin, nous avons dirigé l'appareil vers une source lumineuse et deux zones apparaissent : une claire et l'autre sombre. La limite entre deux zones indique la grandeur de la réfraction (Fig. 7).

La valeur du degré Brix est la valeur lue au réfractomètre qui nous donne le pourcentage des sucres dans le produit (AFNOR, 1986).



(A)



(B)

**Figure 6:** Photos représentant la de détermination du degré Brix:(A) le réfractomètre, (B) la lecture au refractomètre

**Expression des résultats :** 1 degré Brix= 1 g de sucre dans 100 g de solution

### **c. Teneur en alcool éthylique**

Selon (Lonvaud et al., 1995), le degré alcoolique ou teneur en alcool est déterminé par voie physique (alcoomètre et densimétrie) en utilisant la méthode indirecte faisant intervenir la distillation pour séparer d'abord l'alcool de l'échantillon.

Au cours de notre étude, nous avons déterminé la teneur en alcool dans les échantillons des trois boissons à base de gingembre à l'aide d'un alcoomètre après distillation.

Nous avons introduit successivement 200 ml de l'échantillon, 50 ml d'eau distillée pour le rinçage de la fiole de mesure utilisée, 11 ml de lait de chaux à 10% pour neutraliser l'échantillon afin d'empêcher le passage des acides volatils dans le distillat (SO<sub>2</sub>, acide éthanoïque... etc.) et quelques grains de pierre ponce pour avoir une ébullition régulière dans un ballon de 500 ml (Fig. 8 A).

Nous avons par après raccordé ce ballon au réfrigérant et la récupération du distillat a été effectuée dans un bécher de 200 ml après avoir placé au bout du réfrigérant un tube effilé qui plonge dans quelques millilitres d'eau distillée pour éviter les pertes d'alcool. L'opération de distillation a été arrêtée quand les  $\frac{3}{4}$  du volume de bécher de 200 ml utilisé ont été recueilli. Pour cela, nous avons fait descendre la fiole de façon que le tube effilé ne plonge plus dans le distillat et nous avons fait passer quelques millilitres d'eau distillée au travers du réfrigérant et le tube effilé pour les laver. L'eau de rinçage a été récupérée afin de la faire mélangée avec le distillat après l'avoir ramenée à la température initiale (température ambiante), puis nous avons complété le volume à 200 ml et homogénéisé (Fig. 8 B).

#### **Détermination du degré d'alcool par l'alcoomètre**

Le degré d'alcool est le pourcentage volumique d'alcool. Le matériel nécessaire se compose d'une éprouvette et d'un alcoomètre. La ligne de flottation de l'alcoomètre est fonction de la masse volumique du liquide dans lequel il plonge, donc ici du degré alcoolique.

Au cours de cette opération, nous avons d'abord rincé l'éprouvette avec de l'eau distillée puis avec un peu de distillat. Le distillat trouvé précédemment a été ensuite transvasé dans l'éprouvette et nous avons fait la mesure en laissant glisser doucement l'alcoomètre dans le distillat pour éviter de l'abandonner au moment où il reste en suspension. Enfin nous avons laissé l'alcoomètre à se stabiliser pour que l'équilibre de température soit réalisé. Après cela, nous avons effectué la lecture en considérant la graduation en bas du ménisque (Fig. 8 C).



(A)



(B)



(C)

**Figure 7:** Photos représentant la de détermination de la teneur en alcool:(A) montage de distillation, (B) le distillat, (C) lecture avec l'alcomètre

#### d. Détermination de l'acide totale

Selon (Lonvaud et al., 1995), l'acidité totale titrable est mesurée en utilisant la méthode potentiométrique où l'acidité totale est neutralisé par une solution de soude à 0,1 mol/l jusqu'au pH égal à 7 en présence du bleu de bromothymol (BBT) à 4 g/l qui vire du vert au bleu. Le dioxyde de carbone n'est pas compris dans l'acidité totale, nous l'avons donc éliminé en plaçant environ 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml suivie d'une forte agitation pendant deux ou trois minutes (Fig. 9 A). Puis, nous avons introduit successivement 5,0 ml de l'échantillon dégazé, 10 ml d'eau distillée et quatre à cinq gouttes de BBT à 4 g/l dans un bécher de 250 ml. Après, nous avons titré avec la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 mol/l jusqu'au virage de la solution. Soit V, le volume en ml versé (Fig. 9 B).



(A)



(B)

**Figure 8:** Photos représentant la détermination de l'acidité totale : (A) l'échantillon sous une agitation, (B) montage de titration

## Expression des résultats

L'acidité totale exprimée en millimoles / litre (ou milliéquivalents / l) sera :

$C_{\text{NaOH}} \times V / 5\text{mmol/l}$  ou milliéquivalent / litre. On l'exprime également en g/l sous forme d'acide lactique en multipliant par la masse molaire de l'acide lactique (90.08 g/mol).

### e. Détermination de l'acidité volatile

Selon (Lonvaud et al., 1995), la détermination de l'acidité volatile consiste à isoler les acides volatils par distillation et les titrer par une solution de soude à 0,100 mol/l en présence de phénolphtaléine servant d'indicateur.

Nous avons d'abord éliminé le dioxyde de carbone en plaçant environ 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 300 ml suivie d'une forte agitation pendant deux ou trois minutes (Fig. 10 A). Ensuite, nous avons introduit successivement 20 ml de l'échantillon sans le dioxyde de carbone, 35 ml d'eau distillée et 0.5 g d'acide tartrique pour libérer les acides salifiés de l'échantillon dans un ballon de 200 ml.

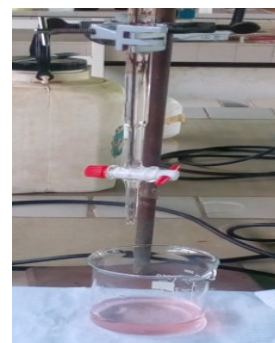
Nous avons par après distillé et recueilli avec précision 50 ml de distillat (soit 80 % du volume initial) que nous avons transvasé dans un bécher de 250 ml (Fig. 10 B). En fin, nous avons titré l'acidité volatile du distillat avec la soude à 0,100 mol/l en présence de phénolphtaléine. Le point d'équivalence est déterminé lors du virage de la couleur de l'échantillon vers le rose clair. Soit V, le volume en ml versé (Fig. 10 C).



(A)



(B)



(C)

**Figure 9:** Photos représentant la détermination de l'acidité volatile:(A) l'échantillon sous agitation, (B) montage de distillation, (C) montage de titration

## Expression des résultats

L'acidité volatile brute de l'échantillon sera déterminée comme suit :

$$n_{OH} = C_{NaOH} \times V = 80/100 \times 20 \times C_{acide}$$

$$D'où C_{acide} = 100 \times V \times C_{NaOH} / 80 \times 20$$

L'acidité volatile en acide acétique:  $0,375 \times V$  g/L.

## II.2.3. Analyse microbiologique

### II.2.3.1. Préparation des échantillons et processus simplifié de l'analyse microbiotique

La préparation des échantillons en vue d'une analyse microbiologique nécessite au préalable une prise d'essai dans des conditions aseptiques totales (à côté d'un bec bunsen). Les trois boissons à base de gingembre constitueront des solutions mères.

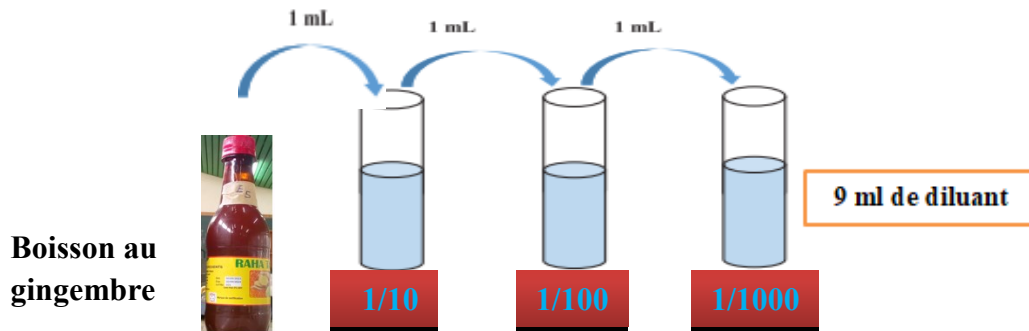


Figure 10: Processus de préparation des dilutions

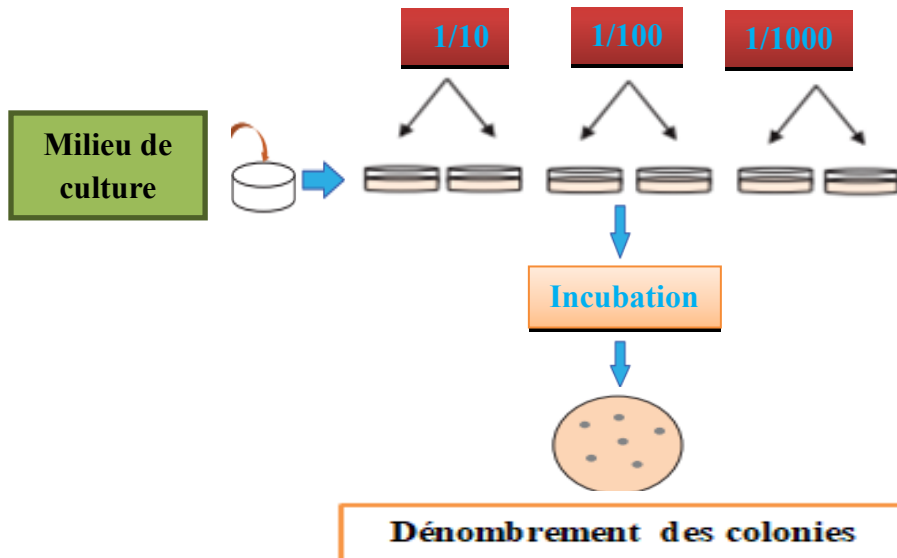


Figure 12: Processus d'ensemencements

### **Dilutions décimales :**

A partir de la solution mère (SM), nous avons préparé une série de dilution allant de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ ) en ouvrant aseptiquement la bouteille après avoir nettoyé à l'éthanol pure la surface d'ouverture.

Puis, nous avons introduit à l'aide d'une pipette graduée et stérile 1 ml de la solution mère dans un tube stérile contenant 9 ml d'eau peptonée (source de l'eau, d'azote et de carbone) provenant à digestion enzymatique des protéines animales. Cette dilution est alors au  $10^{-1}$ .

Après mélange, nous avons prélevé 1 ml à l'aide d'une nouvelle pipette stérile que nous avons transféré ensuite dans un second tube contenant 9 ml de diluant (dilution à  $10^{-2}$ ) (Chabha & Imene, 2013). Nous avons procédé de manière identique pour la dilution  $10^{-3}$  (Fig. 11).

### **II.2.3.2. Recherche et dénombrement des germes**

La méthode utilisée pour le contrôle de la qualité des boissons au gingembre permet le dénombrement des germes indicateurs de la qualité des boissons.

Il s'agit de rechercher et de dénombrer la flore fongique (levures et moisissures), la salmonella spp, la flore mésophile aérobie totale (germes totaux) et les coliformes totaux (Fig.12).

#### **a. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale ou germes totaux**

L'ensemencement en profondeur de chaque dilution dans une boîte de Pétri a été réalisé sur gélose PCA (Plate Count Agar) avec une quantité déterminée de la solution mère. L'incubation des boîtes de Pétriensemencées a été réalisé à  $30^{\circ}\text{C}$  pendant 72 h (ISO 4833-1, 2013).

#### **Ensemencement et incubation**

Nous avons d'abord fait couler 12 ml de PCA dans des boîtes de Pétri après avoir mis 1 ml de l'échantillon à analyser (deux boîtes par dilution) afin de réaliser un ensemencement en masse. Nous avons ensuite mélangé l'échantillon et la gélose puis les avons laissé se solidifier sur la paillasse. Nous avons enfin incubés les boîtes à  $30^{\circ}\text{C}$  pendant 72 heures. Une autre boîte faisant office de témoin contenant uniquement le milieu PCA a été également préparé de la même manière pour contrôler la stérilité.

### **Dénombrement des colonies**

Après l'incubation, nous avons fait le dénombrement des boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.

#### **Expression des résultats :**

Le nombre de micro-organismes par millilitre de l'échantillon a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Nombre de colonie/ml} = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1 n_2) d}$$

**Où :**

$\Sigma C$  : La somme des colonies retenues sur les boîtes comptables.

$n_1$  : Le nombre de boîtes retenues dans la première dilution.

$n_2$  : Le nombre de boîtes retenues dans la deuxième dilution.

$d$  : Le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

### **b. Dénombrement de Coliformes totaux**

La solution mère et les dilutions décimales ont été ensemencées dans des boîtes de Pétri avec le milieu Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre (VRBL). Le milieu a été coulé en double couche pour éviter la contamination par des microorganismes envahissants. L'incubation des boîtes de Pétri ensemencées a été réalisée à 37°C pendant 24 h (ISO 4832, 2006).

#### **Ensemencement et incubation**

Nous avons d'abord déposé 1 ml de la solution mère et les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  dans la boîte de Pétri (deux boîtes par dilution), nous avons ensuite versé 15 ml du milieu VRBL et mélangé. Enfin, nous avons incubé les boîtes de Pétri à 37°C pendant 24 heures. Une autre boîte faisant office de témoin contenant uniquement le milieu VRBL a été également préparé de la même manière pour contrôler la stérilité.

#### **Dénombrement**

Après l'incubation, nous avons dénombrés les boîtes de Pétri contenant moins de 150 colonies caractéristiques du rouge foncé, d'un diamètre d'au moins 0,5 mm et ayant une zone de précipitation.

### **Expression des résultats**

Le nombre de micro-organismes par millilitre de l'échantillon a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Nombre de colonie/ml} = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1 n_2) d}$$

Où :

$\Sigma C$  : La somme des colonies retenues sur les boites comptables.

$n_1$  : Le nombre de boites retenues dans la première dilution.

$n_2$  : Le nombre de boites retenues dans la deuxième dilution.

$d$  : Le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

### **c. Dénombrement des levures et moisissures**

L'ensemencement a été fait sur milieu OGA (gélose glucosée à l'oxytétracycline) avec une quantité déterminée de la solution mère et des dilutions décimales. L'incubation des boites de Pétri ensemencées a été réalisé à 25°C pendant 5 jours (ISO 21527-2, 2008).

#### **Ensemencement et incubation**

Nous avons effectué un ensemencement en masse à raison de 1 ml par boite à partir de la solution mère et des dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  (deux boites par dilution), nous avons ensuite coulé 15 ml du milieu OGA et homogénéisé puis refroidie pour qu'elle se solidifie. Nous avons enfin incubé les boîtes à 25 °C pendant 5 jours. Une boite témoin contenant 15 ml du milieu a été préparée de la même manière pour contrôler la stérilité.

#### **Dénombrement**

Après la période d'incubation, nous avons dénombrés les boîtes de pétri contenant entre 10 et 150 colonies au maximum. Les colonies des levures sont rondes, de couleurs différentes. Les moisissures sont épaisses, filamenteuses et pigmentés.

### **Expression des résultats**

Le nombre N d'UFC de levures et moisissures par gramme ou par millilitre de produit a été obtenu à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Nombre de colonie/ml} = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1 n_2) d}$$

Où :

$\Sigma C$  : La somme des colonies comptées dans les boîtes retenues.

$n_1$  : Le nombre de boîtes retenues ou l'on compte entre 10 et 150 colonies à la première dilution.

$n_2$  : Le nombre de boîtes retenues ou l'on compte entre 10 et 150 colonies à la deuxième dilution.

$d$  : Le facteur de dilution correspondant à la première dilution.

### **d. Dénombrement de salmonella spp**

La détermination de la présence de salmonella spp a été effectuée en 4 étapes successives (ISO 6579-1, 2017).

#### **Pré-enrichissement**

Nous avons d'abord effectué le pré- enrichissement en introduisant 25 ml de l'échantillon dans 225 ml d'EPT et après homogénéisation, nous avons incubés la solution à 37°C pendant 18 h.

#### **Enrichissement**

Nous avons ensuite effectué l'enrichissement en deux étapes successives:

- 0,1 ml de la solution mère (échantillon de boisson) a été prélevée par une micropipette etensemencée dans un tube à essais contenant 10 ml de bouillon RVS, puis l'homogénéisation a été faite au vortex.
- 1 ml a étéensemencé dans un autre tube à essais contenant du bouillon MKTTn, puis l'homogénéisation a été faite au vortex.

Après cela, les tubes ont été incubés à 37°C pendant 24h.

#### **Isolement**

L'isolement a été effectué en deux étapes successives:

- 1 ml de chaque bouillon a été prélevé et mis dans une boîte de Pétri.

▪ Nous avons fait couler le milieu de culture (gélose sélective XLD) et homogénéisé le tout. Après refroidissement et solidification, les boîtes de Pétri ont été incubés à 37°C pendant 24h.

### **Confirmation**

Lors de la présence de colonies, des confirmations biochimiques sur le milieu Kligler et lysine de fer dans les tubes à essai.

### **Expression des résultats**

Nous avons comptés les boîtes contenant moins de 300 colonies et le nombre de colonies formées a été obtenu à l'aide de l'équation suivante :

$$N = \frac{\Sigma C}{V * 1.1 * d}$$

Où :

**N** : nombre de colonies formées par gramme ou par millilitre exprimé en UFC/g ou UFC/ml

**Σc**: Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues de deux dilutions successives dont au moins une contient 10 colonies.

**V** : volume de l'inoculumensemencé dans chaque boîte en ml

**d** : dilution correspondant à la première dilution retenue

$$1,1 = n_1 + 0,1 n_2$$

Avec :

**n<sub>1</sub>**: Nombre de boîtes retenues à la première dilution

**n<sub>2</sub>** : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

### **CHAPITRE III: PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS**

#### **III.1. Présentation et discussion des résultats de l'analyse physico-chimique**

Les résultats obtenus lors de l'analyse physico-chimique des trois boissons au gingembre sont regroupés dans le tableau 1.

**Tableau 1:** Paramètres physico-chimiques des trois boissons au gingembre

Echantillons		Résultats des paramètres de l'analyse physico-chimique				
		pH	Degré Brix (%)	Teneur en alcool (ABV)	Acidité sous forme d'acide lactique (g/l)	Acidité sous forme d'acide acétique (g/l)
<b>Raha Tangawizi</b>	<b>1</b>	2,98	9,9	2	6,05	1,425
	<b>2</b>	2,97	10,04	1,8	6,41	1,687
	<b>3</b>	3,04	9,96	2	5,15	1,125
	<b>4</b>	3,02	9,8	2	5,09	1,35
<b>Akanovera Tangawizi</b>	<b>1</b>	2,94	11	4 <sup>a</sup>	4,08	0,63
	<b>2</b>	2,91	11,8	4 <sup>a</sup>	4,14	0,67
	<b>3</b>	2,99	12	2 <sup>b</sup>	4,20	0,52
	<b>4</b>	3,02	11,5	2 <sup>b</sup>	4,38	0,75
<b>Akayabagu Tangawizi</b>	<b>1</b>	3,37	0	0	7,26	2,36
	<b>2</b>	3,36	0	0	7,38	2,47
	<b>3</b>	3,40	0	0	7,38	2,17
	<b>4</b>	3,39	0	0	7,44	2,25
<b>Normes</b>		<b>4,5 max</b>	<b>20 max</b>	<b>0,6-10</b>	<b>4-15</b>	<b>2 max</b>

<sup>a</sup> résultats trouvés pour les échantillons étiquetés "degré d'alcool inférieur à 2"

<sup>b</sup> résultats trouvés pour les échantillons étiquetés "degré d'alcool égal à 0"

Les numéros 1,2 ,3 et 4 désignent quatre échantillons différents pour chaque boisson de Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi considérée.

### III.1.1. pH

Les résultats des mesures du pH obtenus pour les trois boissons à base de gingembre sont donnés dans la figure 13.

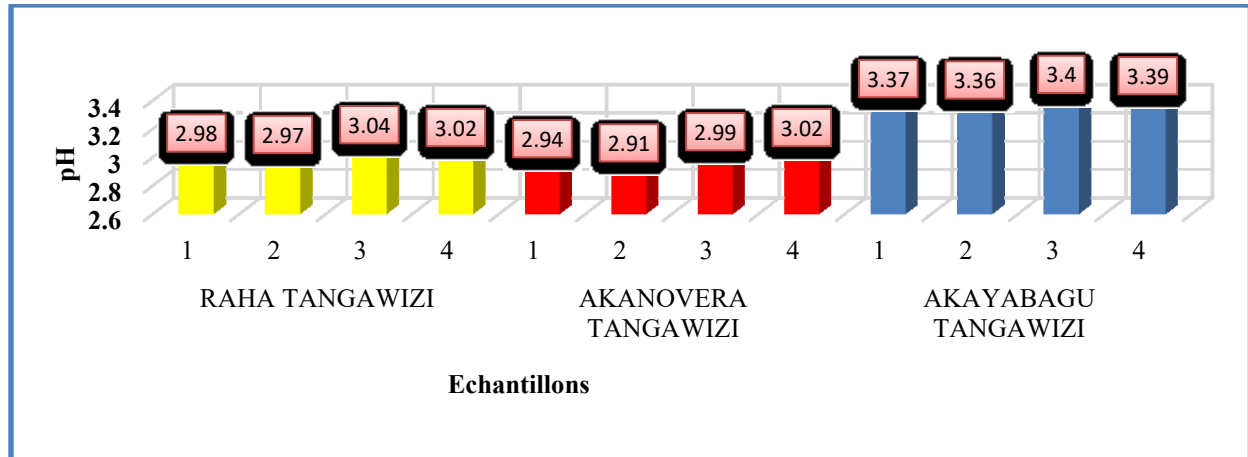


Figure 11: pH des trois boissons à base de gingembre

Le potentiel d'hydrogène est l'une des variables utilisées pour caractériser les propriétés des milieux et est utilisé dans de nombreux domaines comme variable opératoire, caractérisant le produit fini afin de contrôler la qualité. La valeur du pH permet ainsi d'interpréter certains résultats d'analyse microbiologiques (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

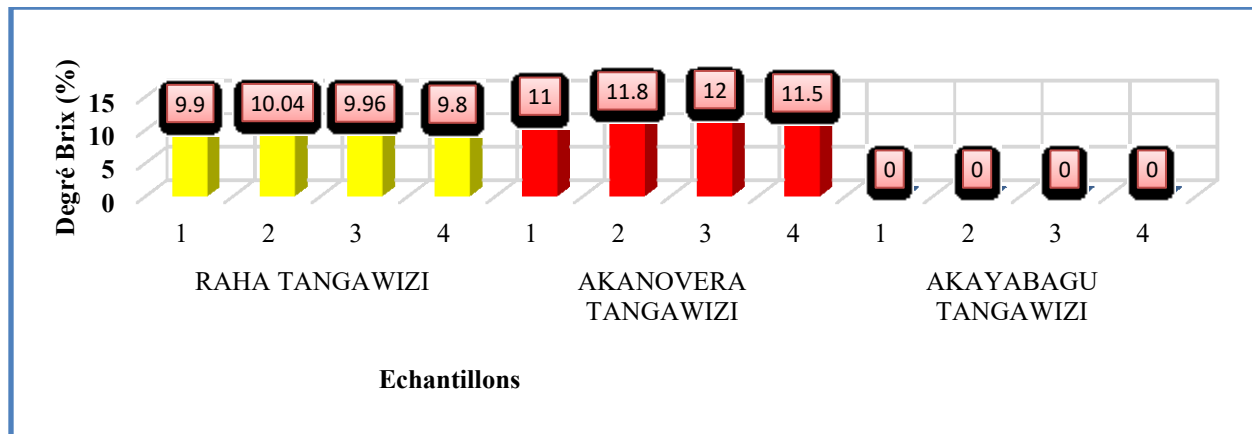
D'après les résultats obtenus, nous remarquons que le pH de différentes boissons est acide et varie entre 2,91 et 3,40. Cette acidité est due à la libération de nombreux acides organiques contenus dans les rhizomes de gingembre par la levure au cours de la fermentation alcoolique (Clément et al., 2018) et/ou par les bactéries lactiques au cours de la fermentation lactique (Kosi Mawuëna et al., 2018). Ce pH permet de préserver la boisson contre certaines altérations microbiologiques (Mathurin et al., 2021). Le pH exerce d'abord une action sélective sur la microflore susceptible de se développer dans le milieu. Le pH plus bas protège la boisson du développement de toute flore pathogène sans inhiber l'activité de la levure (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Les valeurs trouvées ne sont pas conformes avec celles trouvées par Clément et al., en 2018 sur la boisson au gingembre non alcoolisée qui est de l'ordre de 3,61 et 4,04; cela serait dû au procédé de fabrication totalement différent. La différence considérable du pH observée entre les trois boissons (Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi) peut provenir de plusieurs facteurs tels que l'ajout de l'acide citrique, les arômes et le miel qui permettent d'abaisser le pH.

Cependant, les micro-organismes pourraient donc se développer facilement dans les boissons malgré un pH relativement bas. En effet, à un pH proche de 4, les germes ne sont pas éliminés mais ont une croissance lente (Clément et al., 2018). Néanmoins, on constate que le pH des trois boissons reste dans les normes de CODEX-STAN 243-2003, qui exigent que ces valeurs doivent être inférieures à 4,5 (Adamou et al., 2021).

### III.1.2. Degré Brix

Les valeurs du degré Brix des échantillons des trois boissons sont présentées dans la figure 14.



**Figure 12:** Degré Brix des trois boissons à base de gingembre

L'échelle de Brix sert à mesurer en degré Brix la fraction du saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble. Plus le degré Brix est élevé, plus l'échantillon est sucré (Mamisoa, 2019; Metlef et al., 2022). L'indice réfractométrique des boissons permet d'évaluer rapidement leur concentration en sucres solubles. Il mesure en effet la fraction de matière sèche soluble majoritairement composée de ces sucres solubles (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Les résultats consignés dans la figure 14 indiquent que les boissons Raha et Akanovera Tangawizi ont un degré Brix qui varie de 9,8 à 12 °B.

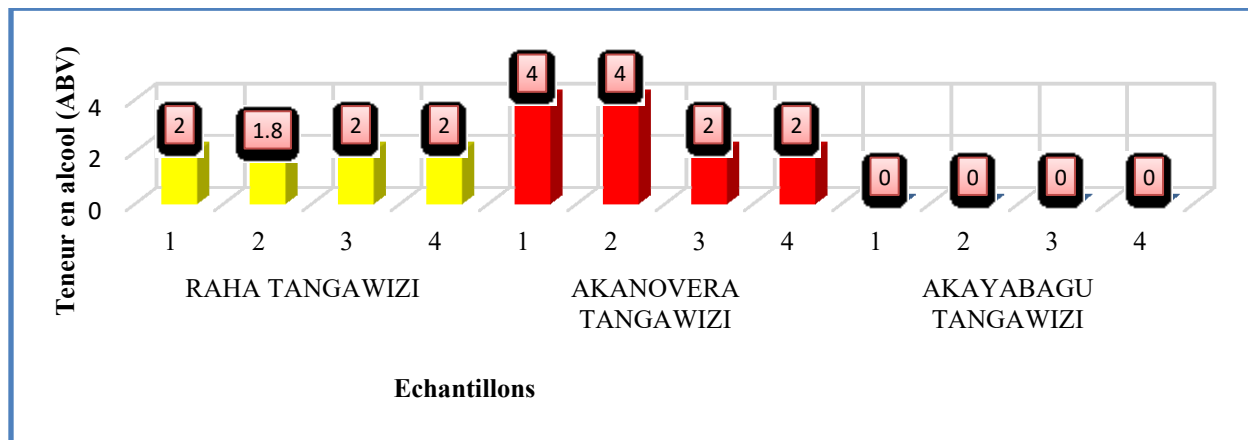
La variation du degré Brix observée entre les boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi sont expliquées par les teneurs en sucres contenus dans les boissons étudiées. Que ce soit la teneur en sucres présents naturellement dans le miel, le jus de citron ou la teneur en saccharose ajouté. Néanmoins, quant à la boisson Akayabagu Tangawizi, le degré Brix est 0, cela témoigne qu'au cours de sa fabrication, on n'y ajoute pas du sucre et les additifs qui sont la source de ce dernier.

Cependant, selon CODEX STAN 161, 1989; il est utile de souligner que la quantité du sucre qui se trouve dans les boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi reste dans les normes. En effet, selon cette norme, les degrés Brix des boissons ne doivent pas excéder 20°Brix.

En comparaison avec d'autres boissons, on remarque que le °Brix de la boisson Raha Tangawizi est presque identique à celui d'une boisson gazeuse IFRUIT (Citronnade) avec 10,3°B (Lynda & Naouel, 2018) et celui de la boisson gazeuse « Schweppes » avec 10,2°B (Sara & Zahra, 2023). On note également une non différence entre les valeurs de Brix de Raha Tangawizi et celle d'un nectar à base de deux fruits (melon et mandarine) (9°B) tel que mesurée par Akkouche & Chikhaoui en 2018.

### III.1.3. Teneur en alcool éthylique

La figure 15 illustre la teneur en alcool éthylique des échantillons des boissons Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi.



**Figure 13:** Teneur en alcool éthylique des boissons à base de gingembre

La fermentation alcoolique correspond à la dégradation des sucres en éthanol et gaz carbonique par les levures. Il s'agit pour ces champignons de produire l'énergie nécessaire à leur croissance et leur développement (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Les valeurs moyennes de la teneur en alcool éthylique mesurées pour nos boissons exprimées en pourcentage d'alcool par volume (ABV) se rangent dans un intervalle allant de 1,8 à 4 ABV pour les boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi.

**Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues en Mairie de  
Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi**

---

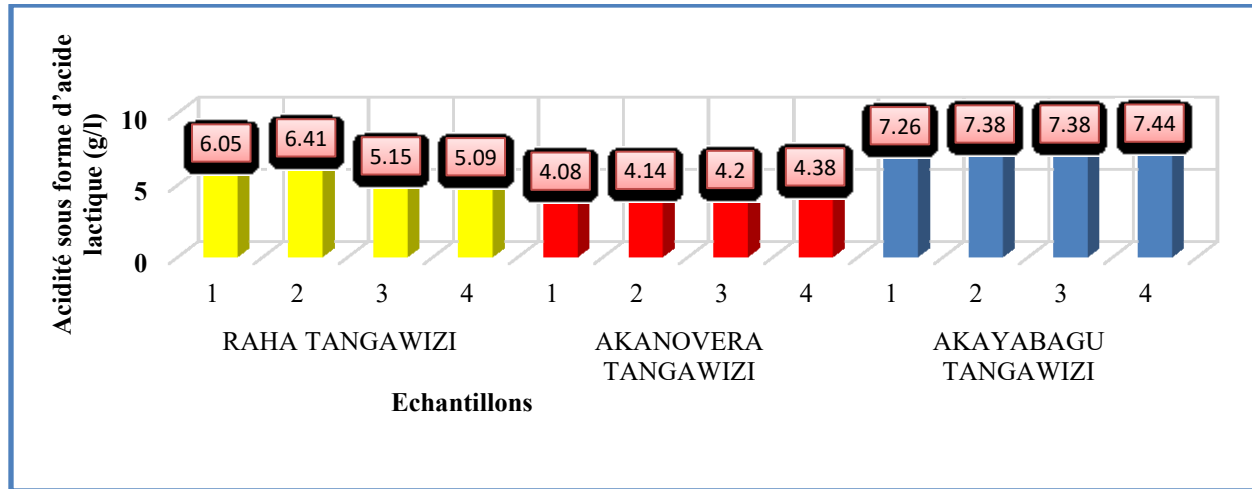
Ces taux bas s'expliquent en général par l'arrêt prématuré de la fermentation (refroidissement de la boisson ou en filtrant les levures), fermentation naturelle induite par la flore autochtone des matières premières (Il n'a pas été établi dans les procédés de fabrication une étape différenciée d'ajout des ferments) et la présence des levures en faible quantité ou l'utilisation de souches de levures à différentes capacités d'utiliser l'énergie obtenue à partir des sucres. Ces facteurs peuvent diminuer la formation de l'éthanol (Oumar Ibn Khatab, 2020 ; Viana et al., 2021).

En comparaison avec d'autres boissons, on remarque que la teneur en alcool éthylique des boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi est presque identique à celle de la boisson fermentée traditionnelle du Sénégal « Mbite » qui a un degré alcoolique de 2 à 4 ABV, mesuré par (Oumar Ibn Khatab, 2020). Cependant, ces valeurs se rangent dans la limite des valeurs exigées dans le projet de norme burundais (PNB 004) relative à la boisson au gingembre, qui exige que ces valeurs doivent être comprise entre 0,6-10 ABV (BBN, 2022).

La boisson Akayabagu Tangawizi ayant une teneur en alcool zéro signifie qu'elle contient une quantité négligeable d'alcool, généralement inférieure à 0,5% d'alcool par volume (ABV). Cela serait très importante pour certains individus qui peuvent préférer d'éviter l'alcool en raison de leurs préférences gustatives, de leurs convictions religieuses, de leurs choix de vie ou de leurs objectifs de santé.

### III.1.4. Acidité sous forme d'acide lactique

La figure 16 illustre le taux d'acidité sous forme d'acide lactique des échantillons des trois boissons à base de gingembre.



**Figure 14:** Acidité sous forme d'acide lactique des échantillons des trois boissons à base de gingembre

L'acidité totale est un paramètre qui permet de préserver la qualité microbiologique des boissons et également prolonger leur durée de conservation. Elle influe aussi la sensation gustative chez les consommateurs, selon la composition en différents acides, ces derniers jouent un rôle de conservateur par l'abaissement du pH (Akkouche & Chikhaoui, 2018). Elle assure l'inhibition de la flore pathogène à pH acide (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Les valeurs moyennes d'acidité mesurées pour ces boissons sont exprimées en gramme d'acide lactique par litre du produit et couvrent un intervalle de 4,08 à 7,44 g/l. De nombreuses boissons africaines sont caractérisées par une fermentation lactique en amont de la fermentation alcoolique (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Selon les résultats obtenus, une augmentation considérable de l'acidité sous forme d'acide lactique est observée pour la boisson Akayabagu Tangawizi, cela pourrait être attribué au processus de la fermentation lactique par des bactéries lactiques qui convertissent les sucres présents dans le rhizome de gingembre en acide lactique. La concentration élevée d'acide lactique confère à une boisson un goût aigre, ce qui est intéressant du point de vue sensoriel (Viana et al., 2021).

Cependant, ces valeurs se rangent dans la limite des valeurs exigées dans le projet de norme burundais (PNB 004) relative à la boisson au gingembre, qui exige que ces valeurs soient comprises entre 4-15 g/l (BBN, 2022).

### III.1.5. Acidité sous forme d'acide acétique

La figure 17 illustre le taux d'acidité sous forme d'acide acétique des échantillons des trois boissons étudiées.

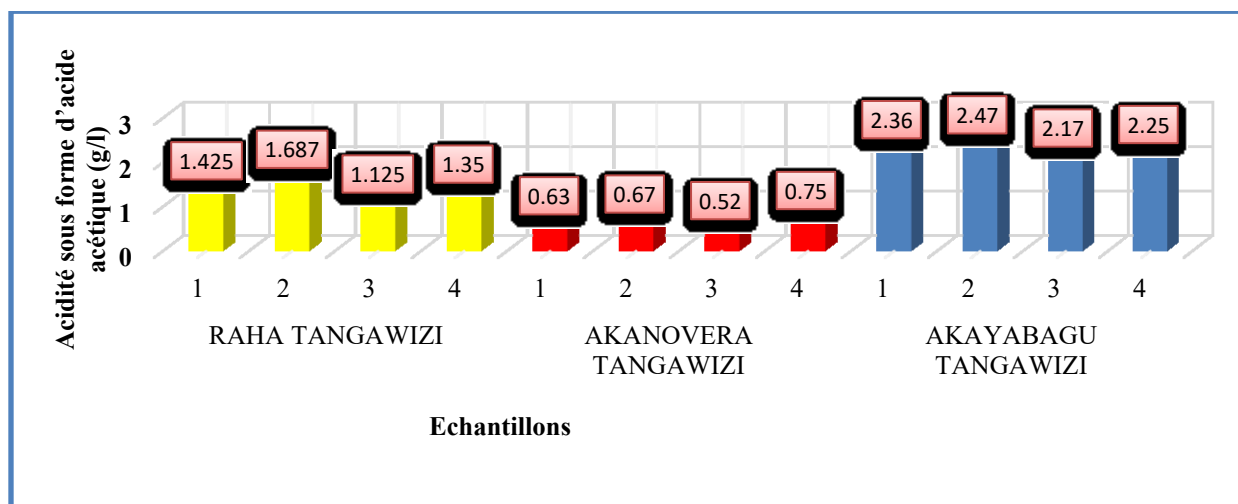


Figure 15: Acidité sous forme d'acide acétique des échantillons des trois boissons analysées.

L'acide acétique est un composé organique présent dans de nombreux aliments et boissons, y compris certaines boissons au gingembre. L'acide acétique est responsable de la saveur caractéristique du vinaigre et peut également contribuer à l'acidité générale d'une boisson, mais à des concentrations trop élevées, il peut entraîner des goûts désagréables (Viana et al., 2021). L'acide acétique est le résultat soit de l'oxydation de l'éthanol (Ndamanisha et al., 2017) ou de la fermentation acétique (oxydation de l'acétaldéhyde) (Viana et al., 2021).

Les valeurs moyennes d'acidité mesurées pour nos boissons sont exprimées en gramme d'acide acétique par litre du produit et couvrent un intervalle de 0,52 à 2,47 g /l.

**Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de gingembre vendues en Mairie de  
Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi**

---

Selon les résultats obtenus, une augmentation considérable de l'acidité sous forme d'acide acétique est observée pour la boisson Akayabagu Tangawizi, cela est dû au processus de la fermentation acétique par des bactéries acétiques qui convertissent les sucres présents dans le rhizome de gingembre en acide acétique qui rendent le goût, l'odeur et la texture inacceptables pour les consommateurs (Oumar Ibn Khatab, 2020).

Les valeurs obtenus pour cette boisson ne se rangent pas dans la limite des valeurs exigées dans le projet de norme burundais (PNB 004) relative à la boisson au gingembre, qui exige que ces valeurs ne doivent pas excéder 2 g/l (BBN, 2022). Donc elle est trop acide, ce qui la rend potentiellement désagréable (altération du goût et de la qualité). Quant aux boissons Raha et Akanovera Tangawizi, les résultats trouvés se rangent au précédent projet de norme. La faible concentration d'acide acétique pour la boisson Akanovera Tangawizi est très intéressante du point de vue sensoriel, car l'acide acétique est considéré comme une substance responsable de la mauvaise saveur des boissons, principalement une saveur aigre et vinaigré (Viana et al., 2021).

Les résultats en termes d'acidité trouvés pour la boissons Raha Tangawizi sont conformes à ceux trouvés par Méddy en 2018, sur le jus de gingembre fermenté qui sont dans l'ordre de 1,687 à 6,431 g/l. Cette acidité est provoquée par l'activité fermentaire des microorganismes qui dégradent le glucose, principale substrat majoritairement présent dans le milieu en produisant des acides qui acidifient le milieu.

### **III.2. Présentation et discussion des résultats de l'analyse microbiologique**

Les études microbiologiques réalisées ont permis de dénombrer les principales flores d'altération évoquant un manque d'hygiène (levures, moisissures et germes totaux) et les espèces pathogènes (salmonella spp et les coliformes totaux).

Les résultats obtenus de l'analyse microbiologique des trois boissons étudiées sont regroupés dans le tableau 2.

**Tableau 2:** Résultats des analyses microbiologiques des boissons Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi

Echantillons Paramètres		Résultats			Limites (BBN, 2022)
		Raha Tangawizi	Akanovera Tangawizi	Akayabagu Tangawizi	
1	Germes totaux, cfu/ml	<b>264</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>10<sup>2</sup></b>
2	Coliformes totaux	<b>Absent</b>	<b>Absent</b>	<b>Absent</b>	<b>Absent</b>
3	Salmonella spp dans 25 ml	<b>Absent</b>	<b>Absent</b>	<b>Absent</b>	<b>Absent</b>
4	Levures et Moisissures, cfu/ml	<b>3.10<sup>2</sup></b>	<b>14</b>	<b>2.10<sup>2</sup></b>	<b>30</b>

Les échantillons analysés de chacune de ces trois boissons (Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi) étaient du même lot, donc supposés identiques pour leurs caractéristiques.

Le tableau 2 montre les résultats de l'analyse microbiologique des échantillons des boissons au gingembre. Ces résultats ont révélé:

- L'absence des espèces pathogènes (Salmonella spp et coliformes totaux) dans les échantillons de trois boissons analysés (Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi) ;
- La présence d'une flore d'altération et d'insalubrité (levures, moisissures et germes totaux) dans les échantillons de Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi; indique un déficit des bonnes pratiques de production dans ces échantillons.

Soulignons cependant que les germes totaux sont totalement absents dans la boisson Akayabagu Tangawizi.

La présence ou l'absence de ces micro-organismes témoigne du respect ou non des bonnes pratiques d'hygiène (Bonnefoy et al., 2002).

L'absence totale d'espèces bactériennes pathogènes telles que les Coliformes totaux et les salmonella spp constitue un réel avantage pour la santé des consommateurs de ces boissons (Clément et al., 2018). Cette absence peut être due à un pH bas (<4,5), où ces germes ne peuvent pas se développer, l'ajout de sucre joue aussi un rôle important dans la conservation des boissons par l'abaissement de l'activité de l'eau (Boukhalfa, 2020).

Selon les travaux de Mamisoa en 2019, la présence des levures et moisissures dans les échantillons de boissons est due en général ; à un pH acide (pH bas), la quantité du sucre, l'usage des ingrédients contaminés, la non efficacité du traitement thermique et aux mauvaises manipulations. Le taux des germes totaux, levures et moisissures pour la boisson Raha Tangawizi et des levures et moisissures pour la boisson Akanovera Tangawizi ne répond pas aux critères microbiologiques exigés pour les boissons au gingembre. Par contre, pour la boisson Akanovera Tangawizi, le taux de ces germes sont conformes à l'exigence des limites établies par (BBN, 2022), qui exige dans son projet norme Burundais (PNB 004) relative à la boisson au gingembre que les valeurs ne doivent pas excéder à 30 cfu/ml pour les levures et moisissures et à 100 cfu/ml pour les germes totaux.

## **CHAPITRE IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

### **IV.1. Conclusion**

L'objectif de ce travail était de contrôler la qualité des boissons Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi à base de gingembre vendues en Mairie de Bujumbura. Pour ce faire, quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques tels que le pH, le degré Brix, la teneur en alcool éthylique, l'acidité sous forme d'acide lactique et acidité sous forme d'acide acétique, des germes aérobies mésophiles totales, les coliformes totaux, les levures et moisissures et les Salmonelles dans les produits finis ont été analysés au cours de cette étude.

Les résultats ont montré que les paramètres physico-chimiques des boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi restent dans les limites établies par les normes mais pour la boisson Akayabagu Tangawizi, sur les cinq paramètres mesurés; quatre sont conformes aux normes à l'exception de l'acidité sous formes d'acide acétique qui dépasse la limite établie par les normes.

Les résultats de l'analyse microbiologique de cette étude ont permis de déduire que le non-respect d'hygiène lors de la fabrication de ces boissons et l'inefficacité du traitement thermique, favorisent la contamination et la multiplication des micro-organismes indésirables dans les produits finis.

Des charges élevées de germes totaux, des levures et moisissures ont été mises en évidence pour la boisson Raha Tangawizi. Par contre, la boisson Akanovera Tangawizi, ces germes sont en quantité ne dépassant pas les limites de la norme. Quant à la boisson Akayabagu Tangawizi, la contamination de la flore fongique (levures et moisissures) est en quantité dépassant la limite de la norme.

Les résultats issus de ce travail montrent que la qualité hygiénique est satisfaisante pour la boisson Akanovera Tangawizi alors qu'elle reste à améliorer pour les autres boissons (Raha Tangawizi et Akayabagu Tangawizi) afin de ramener les valeurs des germes totaux, les levures et moisissures à la norme.

## **IV.2. Recommandations**

Les autorités compétentes devraient sensibiliser les consommateurs aux risques sanitaires liées à la contamination des boissons, mettre en place des réglementations en matière avec la production et la consommation des boissons. Ils devraient aussi travailler en collaboration avec les unités de transformations afin de les aider à se conformes aux normes. Cela pourrait réduire les pertes.

Quant aux fabricants, la sensibilisation aux mesures d'hygiène, telles que le lavage systématique des mains avant et pendant la production pourraient réduire les risques liés à la contamination. Des mesures adéquates doivent être aussi prises au cours de la fabrication afin de produire des boissons moins risquées. Ces mesures peuvent inclure la décontamination de la matière première, de tout le matériel utilisé, le port de gants sans oublier un meilleur traitement thermique (pasteurisation) de ces boissons, ce qui limiterait la transmission des germes.

Enfin, tenant compte des problèmes que peuvent poser les boissons à base du gingembre livrées aux marchés Burundais ne remplissant pas les normes, cette étude mérite d'être approfondie et promet sans doute de bonne recommandation aux futurs chercheurs de faire des études toxicologiques, en dosant les métaux lourds et les mycotoxines.

## REFERENCES

- Adamou, M., Maiga, F., Maguiraga, K. R., Sanogo, A., Coulibaly, M., Traore, A., & Kone, A. Z. I. E. (2021). Contrôle de la qualité microbiologique des boissons de fabrication artisanale dans la commune v du district de Bamako. *Revue Malienne de Science et de Technologie*, 02(25), 4–10.
- Adeniran, A. H., Abiose, S. H., & Ukeyima, M. T. (2010). Microbiological assessment of probioticated ginger-based beverages. *Nutrition and Food Science*, 40(2), 209–220. <https://doi.org/10.1108/00346651011029246>
- AFNOR. (1986). Jus de fruits et de légumes: spécification et méthodes d'analyse. 2<sup>ème</sup> éd, Tour Europe, Paris. 155 p.
- Ahlam, S., & Chaima, T. (2021). Propriétés biologiques du Zingiber officinale. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A, Mémoire de master, 57 P.
- Ahmad, B., Rehman, M. U., Amin, I., Arif, A., Rasool, S., Bhat, S. A., Afzal, I., Hussain, I., Bilal, S., & RahmanMir, M. ur. (2015). A Review on Pharmacological Properties of Zingerone (4-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-butanone). *The Scientific World Journal*, 1–7. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2015/816364>
- Akhani, S. P., Vishwakarma, S. L., & Goyal, R. K. (2010). Anti-diabetic activity of Zingiber officinale in streptozotocin-induced type I diabetic rats . *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 56(1), 101–105. <https://doi.org/10.1211/0022357022403>
- Akila, A., Farida, M., & Amina, M. (2007). Le contrôle de la qualité d ' une eau fruitée à l ' orange ( Boisson Tchina ). Université de Jijel, Mémoire de master, 76 P.
- Akkouche, T., & Chikhaoui, K. (2018). Caractérisation d'une variété de melon (Cucumis melo-L) et essais de préparation des boissons nectars à base de deux fruits (Melon et mandarine). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Mémoire de master, 129 p.
- Amani, N. G., Tetchi, F. A., & Coulibaly, A. (2004). Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (Zingiber officinale roscoe) de Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 7(2), 77–83.
- Amira, B. (2018). L'effet de la durée de conservation sur les paramètres physicochimiques et nutritionnels des jus de fruits commercialisés. Université Abdelhamid Ibn, Mémoire de master, 65 P.
- Angele, G. F. (2013). Etude pilote sur l'analyse de paramètres physico-chimiques de boissons de

- fabrication artisanale après contact avec le milieu buccal. Université Félix Houphouët-Boigny, Thèse de doctorat, 78 P.
- Antoine, S. (2014). Etude des mécanismes de l'acidification de la pulpe des agrumes en conditions d'assimilats contrastés. Université de Corse-Pascal Paoli, Thèse de doctorat, 138 P.
- BBN. (2022). Projet de Norme Burundaise 004, Boisson alcoolisée au gingembre — Spécification. 9p.
- Bonnefoy, C., Guillet, F., Leyral, G., & Verne-Bourdais, E. (2002). Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Collection Biosciences et Techniques, Série Sciences des aliments, 248 p.
- Boukhalifa, A. (2020). Qualité physico-chimique et microbiologique d'une boisson traditionnelle « TAKERWAIT ». Université KASDI MERBAH Ouargla, Mémoire de master, 93 p.  
<http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/24849>
- Butin, A. (2018). Le gingembre : de son utilisation ancestrale à un avenir prometteur. Université de Lorraine, Thèse de doctorat, 145 p.
- Campbell, K., Rowe, H., Azzam, H., & Lane, C. A. (2016). Prise en charge des nausées et vomissements de la grossesse. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, 38(12), 1138–1149. <https://doi.org/10.1016/j.jogc.2016.11.003>
- Canakapalli, S. S. (2019). Analysis of the Microbiome of Homebrewed Ginger Beer for Detection of Probiotics and Determination of Safety. Oregon State University, Thesis, 37 p.
- Chabha, G., & Imene, H. (2013). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de quelques boissons non réglementées. Université Abderrahmane MIRA de Bejaïa, Mémoire de master, 90 P.
- Chenouf, A., Khirani, A., Yabrir, B., Hakem, A., Lahrech, B. M., Houali, K., & Chenouf, N. (2014). Risque dû à la consommation des boissons rafraichissantes sans alcool édulcorées. *Afrique Science*, 10(4), 70–77. <http://www.afriquescience.info>
- Cherrrt-Romeih, S. (2022). Séchage et Analyse de la Composition du gingembre (Zingiber Officinale Roscoe) et Essai D'enrichissement de l'huile d'olive. Université Mohammed Seddik Benyahia- de Jijel, Thèse de doctorat, 151 P.
- Clément, K. K., Bi, V. D.-R. R., Carole, K. A., Eric-Bienvenue, K. K. B., & Rose, K.-N. (2018). Microbial contamination of the non-alcoholic beverage Gnamakoudji made from Zingiber

- officinale in Daloa , Côte d ' Ivoire. African Journal of Microbiology Research Full, 12(35), 857–865. <https://doi.org/10.5897/AJMR2018.8951>
- CODEX STAN 161. (1989). General standard for fruit juices preserved exclusively by physical means not covered by individual standards CODEX STAN 161-1989. 1–4.
- Coulibaly, K. (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Université de Bamako, Thèse de doctorat, 69 P.
- Detto, K., Aboya, J.-L., Ollo, K., Guessan, N. ', Raoul, K., & Marcellin, D. K. (2020). Physico-chemical and microbiological characterization of a home-made drink (zoom-koom) sold in the town of Korhogo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 29(3), 559–569. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Ebouo n'guessan, J.-M. (2011). Etude descriptive de l'hygiène alimentaire au restaurant de l'institut national d'hygiène publique. Université de Cocody, Thèse de doctorat, 228 P.
- Ebrahimi, E., Haghjou, M., Nematollahi, A., & Goudarzian, F. (2020). Effects of rosemary essential oil on growth performance and hematological parameters of young great sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture*, 521(November 2019), 734909. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734909>
- El-Hassen, B., & Salah, B. (2017). Fabrication et contrôle de qualité d'un jus de carottes au gingembre « sans sucre ajouté ». Université Mohammed Seddik Ben Yahya - Jijel, Mémoire de master, 88 p.
- Estelle, L. B. (2019). La consommation d ' alcool par les jeunes : un sujet primordial des politiques publiques. Sciences Po Rennes, Mémoire de master, 102 P.
- Fatima, A., & Lydia, A. (2018). Analyses physicochimique et microbiologique de préparations fruitées. Université A. MIRA - Béjaïa, Mémoire de master, 69 P.
- Fella, B., & Fethia, M. (2012). Etude de quelques paramètres physicochimiques et de la flore microbienne d'un jus d'orange à base de concentré. Université Saad Dahlab De Blida, Mémoire de master, 113 p.
- Fouzia, B., & Sabira, B. (2017). Suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques des eaux de la BSA d'El Kseur. Université Abderrahmane Mira Bejaia, Mémoire de master, 60 P.
- Gharib, K., & Salma, B. Z. (2021). Investigations Sur Les Propriétés Antimicrobiennes

- Antifongiques Et Antivirales «anti COVID-19» Chez L'Aloe vera. Université Frères Mentouri Constantine 1, Mémoire de master, 48 P.
- Ghasemzadeh, M. R., Amin, B., Mehri, S., Mirnajafi-Zadeh, S. J., & Hosseinzadeh, H. (2016). Effect of alcoholic extract of aerial parts of *Rosmarinus officinalis* L. on pain, inflammation and apoptosis induced by chronic constriction injury (CCI) model of neuropathic pain in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 194(Cci), 117–130. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.08.043>
- Ghayur, M. N., & Gilani, A. H. (2005). Ginger lowers blood pressure through blockade of voltage-dependent calcium channels. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 45(1), 74–80. <https://doi.org/10.1097/00005344-200501000-00013>
- Gholami-Ahangaran, M., Karimi-Dehkordi, M., Akbari Javar, A., Haj Salehi, M., & Ostadpoor, M. (2021). A systematic review on the effect of Ginger (*Zingiber officinale*) on improvement of biological and fertility indices of sperm in laboratory animals, poultry and humans. *Veterinary Medicine and Science*, 7(5), 1959–1969. <https://doi.org/10.1002/vms3.538>
- Hanen, B., & Mohamed, D. (2017). Contribution à l'étude de la qualité et la stabilité d'un lait fermenté alicament additionné d'extrait à l'éthanol de *Thymus vulgaris* (Thym) récolté dans la région de Naama. Université Abdelhamid Ben Badis-Mostaganem, Mémoire de master, 73 P.
- Hassina, B., Mouna, H., & Sara, L. (2015). Evolution de la qualité de jus d'orange en fonction des conditions de conservation. Mémoire de master, 97 P.
- Hayat, M. (2016). Activités anticoagulante et phagocytaire de quelques épices ( curcuma , gingembre et poivre noir ). Université Kasdi Merbah Ouargla, Mémoire de master, 76 p.
- Hébel, P. (2011). Beverage consumption in France : cultural preferences and contributions to the nutritional balance. *Cahiers de Nutrition et de Dietétique*, 46(1 SUPPL. 1), H13–H19. [https://doi.org/10.1016/S0007-9960\(11\)70004-9](https://doi.org/10.1016/S0007-9960(11)70004-9)
- Houda, E. N. EL, Lina, H., & Dounya, M. (2017). Le gingembre et l'immunité. Université 8 Mai 1945 Guelma, Mémoire de master, 56 P.
- Hu, J., Guo, Z., Glasius, M., Kristensen, K., Xiao, L., & Xu, X. (2011). Pressurized liquid extraction of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) with bioethanol: An efficient and sustainable approach. *Journal of Chromatography A*, 1218(34), 5765–5773.

<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.06.088>

- Huberson, A. (2008). Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de moûts de raisins : modélisation et interprétation métabolique. Institut National Polytechnique de Toulouse, Thèse de doctorat, 136 P.
- Insaf, H., & Farah, F. (2021). Etude comparative des activités antioxydantes des extraits des rhizomes de *Zingiber officinale* (Gingembre) et du gingembre instantané commercialisé. Université Abou Baker Belkaid –Tlemcen, Mémoire de master, 61 P.
- ISO 21527-2. (2008). Microbiologie des aliments — Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures, Partie 2: Technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau inférieure ou égale à 0,95. 9 P.
- ISO 4832. (2006). Microbiologie des aliments — Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes — Méthode par comptage des colonies. 4–9.
- ISO 4833-1. (2013). Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes aérobies, Comptage des colonies à 30 °C par la technique d'ensemencement en profondeur. 9 p.
- ISO 6579-1. (2017). Microbiologie de la chaîne alimentaire — Méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des *Salmonella*-Partie 1: Recherche des *Salmonella* spp. 15 p.
- Jourdan, J. (2017). Curcuma et curcumine : de l'histoire aux intérêts thérapeutiques. Université de Caen Normandie, Thèse de doctorat, 141 P.
- Kosi Mawuéna, N., Mamatchi, M., Bidossessi Victor Saturnin, H., Koffi, K., Kokouvi, D., & Kossi Honoré, K. (2018). Étude de quelques caractéristiques physico-chimiques de « Tchoukoutou », un type de bières locales produit au Togo et évaluation de la performance de quatre méthodes de détermination du degré alcoolique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(December), 2871–2884. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i6.31>
- Laib, I., Kehal, F., Arris, M., Maameri, M. I., Lachlah, H., Bensouici, C., Mosbah, R., Houasnia, M., & Barkat, M. (2021). Effect of in vitro gastrointestinal digestion on phenolic compounds and the antioxidant activity of *Camellia sinensis* L. green tea from organic farming. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 35(3), 212–221. <https://doi.org/10.1016/j.nupar.2020.12.003>

- Lalatiana, O. (2006). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique d'un aliment de rue dans la ville de talatan'ny volonondry (Madagascar) : cas du koba ravina. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Thèse de doctorat, 100 p.
- Lancia, R. L. (2005). Valorisation du gingembre de Beforona en huile essentielle et oléorésine : cas de la Société BIOSAVE Optimisation du rendement et Contrôle qualité. A Université d'Antananarivo, Mémoire de master, 93 P.
- Lonvaud, Françoise, R., & Michel, V. (1995). L'analyse du vin. 89, 1173–1187.
- Louise, I. G. de O., Whyara, K. A. da C., Fernanda, de C. de O., Fabrícia, F. B., Luana, P. A. M. E., Marcos, dos S. L., Melline, F. N., NRoger, W., Tatiana, C. P., & Magnani, M. (2023). Ginger beer derived from back-slopping: Volatile compounds, microbial communities on activation and fermentation, metabolites and sensory characteristics. In *The Encyclopedia of American Food and Drink* (pp. 209-229). <https://doi.org/10.5040/9781635577068-0766>
- Lynda, D., & Naouel, I. (2018). Qualité microbiologique des boissons gazeuses et des jus de fruits de la SARL « IFRI ». Université Abderrahmane Mira - Bejaia, Mémoire de master, 67 p.
- Mamisoa, R. (2019). Contribution à l'étude des qualités nutritionnelle et microbiologique de la purée surgelée de litchi. Université d'Antananarivo, Mémoire de master, 91 p.
- Marc, A., Olivier, K. K., & Claver, K. D. (2018). Fiche technique d'élaboration et stabilisation d'un sirop mixte à base de jus de gingembre ( *Zingiber officinale* ) et d'ananas ( *Ananas comosus* ). *Journal of Applied Biosciences*, 13308–13313. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/jab.v13i1.1>
- Mathurin, Y. K., Ollo, K., Rémi, C. K., Alhassane, D., & Koffi-nevry, R. (2021). Qualité microbiologique et physico-chimique du « Tomi » : Une boisson artisanale à base de pulpe de *Tamarindus indica* , vendue à Korhogo ( Côte d'Ivoire ) [ Microbiological and physicochemical quality of « Tomi » : An artisanal drink made from *Tamarindu*. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 34(3), 551–560.
- Mbolanirina, A. S. (2010). Contribution à l'étude de l'huile essentielle de gingembre en vue d'une meilleure exploitation. Université d'Antananarivo, Mémoire de master, 123 P.
- Médy, O.-I. (2018). Implication des microorganismes dans la production des composés phénoliques au cours de la fermentation du jus de gingembre (*zingiber officinale roscoe*). Université Marien Ngouabi, Mémoire de master, 50 p.

- Mendi, S., Nain, C., Imélé, H., Ngoko, Z., & Mbofung, C. M. F. (2009). Microflora of fresh ginger rhizomes and ginger powder produced in the North-West Region of Cameroon 1 □. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 4(1), 251–260. <http://www.biosciences.elewa.org/JAPS>;
- Meriem, B., & Hiba, G. (2017). Contribution à la caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'extrait de gingembre. Préparation d'une teinture à base de gingembre et l'étude de son activité antiseptique et cicatrisante. Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana, Mémoire de master, 120.
- Metlef, S., Zidane, A., & Gadouche, L. (2022). Évaluation de la qualité physico-chimique d'un jus de fruit soumis à quelques traitements thermiques durant sa conservation. *Revue Nature et Technologie*, 9 P.
- Mokhtar, B., & Amine, H. M. (2017). Optimisation des paramètres influencent l'extraction de l'huile essentielle de *Zingiber officinale*. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Mémoire de master, 49 P.
- Nandkangre, H., Ouedraogo, M., & Sawadogo, M. (2015). Caractérisation du système de production du gingembre (*Zingiber officinale* Rosc.) au Burkina Faso : Potentialités, contraintes et perspectives. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(April), 861–873. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.25>
- Ndamanisha, J. C., Habonimana, P. C., & Ntahimpera, G. (2017). Étude de la dégradation de deux boissons industrielles consommées en mairie de Bujumbura, Burundi. *Journal of Applied Biosciences*, 11201–11207. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.4314/jab.v11i1.9>
- Niaina, M. (2015). Etude de la valeur nutritionnelle de jus de fruits eoah élaboration d'une boisson à base de plantes a propriétés stimulantes. Université d'Antananarivo, Mémoire de master, 86 P.
- Oumar Ibn Khatab, C. (2020). les boissons fermentées traditionnelles du Sénégal : diagnostic des procédés, études de la maturation et essais de stabilisation. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Thèse de doctorat, 185 P.
- Park, G., Kim, H. G., Ju, M. S., Ha, S. K., Park, Y., Kim, S. Y., & Oh, M. S. (2013). 6-Shogaol, an active compound of ginger, protects dopaminergic neurons in Parkinson's disease models via anti-neuroinflammation (pp. 1–9). <https://doi.org/10.1038/aps.2013.57>
- Pinson, C. (2012). Gingembre et curcuma ,Un concentré de bienfaits pour votre santé et votre

beauté. 18 p.

Richard, P. (2017). La prise en charge alternative des nausées et vomissements chimio-induits. Université de Picardie Jules Verne, Thèse de doctorat, 98 P.

Salmon, C. N. A., Bailey-shaw, Y. A., Hibbert, S., Green, C., Smith, A. M., & Williams, L. A. D. (2012). Characterisation of cultivars of Jamaican ginger ( *Zingiber officinale* Roscoe ) by HPTLC and HPLC. *Food Chemistry*, 131(4), 1517–1522. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.115>

Samira, H., & Kamilia, I. (2021). Essai de fabrication de deux jus de bissap aromatisés naturellement au niveau de l'unité IFRUIT. Université A. MIRA - Béjaia, Mémoire de master, 68 p.

Sandra, N., & Charline, S. (2011). Les interactions entre plantes et médicaments. Université Joseph Fourier, Thèse de doctorat, 207 P.

Sara, R., & Zahra, S. D. F. (2023). Contrôle de la qualité d'une denrée alimentaire: cas d'un boisson gazeuse « Schweppes » Présenté. Université Ziane Achour-Djelfa, Mémoire de master, 67 P.

Sekoura, A. A. M., & Maya, B. R. (2021). Etude comparative de l'activité antimicrobienne du *Zingiber officinale* (Gingembre) frais et sec. Université Ibn Khaldoun –Tiaret, Mémoire de master, 68 P.

Semwal, R. B., Semwal, D. K., Combrinck, S., & Viljoen, A. M. (2015). Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *Phytochemistry*, 117, 554–568. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.07.012>

Singletary, K. (2010). Ginger, An Overview of Health Benefits. *Food Science*, 45(4), 183 P.

Soumia, A., Bouchra, M., & Maroua, D. (2021). Etude des propriétés physicochimiques et biologiques de *Thymus vulgaris* L. Université Des Frères Mentouri Constantine, Mémoire de master, 111 P.

Sy, O. (2017). Identification des trajectoires développementales de fréquence de la consommation d'alcool durant l'adolescence et Relation entre ces trajectoires et la consommation excessive d'alcool épisodique à l'âge jeune adulte. Université de Montréal, Mémoire de master, 158 P.

Vasala, P. A. (2012). Ginger. *Handbook of Herbs and Spices: Second Edition*, 1, 319–335.

Viana, A. C., Pimentel, T. C., Borges do Vale, R., Clementino, L. S., Januario Ferreira, E. T.,

Magnani, M., & dos Santos Lima, M. (2021). American pale Ale craft beer: Influence of brewer's yeast strains on the chemical composition and antioxidant capacity. *Food Science and Technology*, 152(March), 8 P. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112317>

Wassila, B. (2019). Contrôle du processus de fabrication, et l'influence du stockage et de l'emballage PET sur la qualité physico-chimique et microbiologique d'une boisson gazeuse fabriquée en Algérie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Mémoire de master, 64 P.

**ANNEXES**

**Annexe 1:** L'acide citrique commerciale



**Annexe 2 :** Une plante de rosemary



**Annexe 3:** Une plante de thym



**Annexe 4 :** Une plante d'Aloe vera



**Annexe 5 :** Une plante de Curcuma

