

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



Réf:.....

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

MASTER

Thème

Effet de la température et de la durée de conservation sur la teneur en vitamine C dans la boisson cocktail de fruits et nectar de grenade de Tchin-lait

Présenté par :
BENREGREG LYSA & BELHADAD HADJER
Soutenu le : **02/07/2024**

Devant le jury composé de :

MME. TAZRART K.	MCA	Président
MME. CHOUGUI N.	Professeur	Encadreur
MME. DJELILI F.	MCB	Examineur
Mr. BOUCHENOUA F.		Copromoteur

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Ce mémoire a été réalisé en partie au laboratoire de nutrition et alimentaire, Département des sciences alimentaires, Faculté des sciences de la nature et de la vie et une autre partie au niveau de l'entreprise d'accueil Tchîn-lait.

Nous tenons tout particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre promotrice Mme N. CHOUGUI, qui nous a fait l'honneur de nous inspirer ce sujet et nous guider tout au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissantes, pour ses conseils, sa disponibilité, et surtout sa patience.

Nos sincères considérations et remerciements sont également exprimés aux membres du jury : Mme K. TAZRART, qui nous fait honneur par sa présence en qualité de présidente du jury ainsi que Mme F. DJELILI et qui a accepté d'examiner ce travail et consacré de son temps pour son évaluation.

Avec tout notre respect, nous tenons à remercier Mr F. BERKATI le PDG de l'entreprise Tchîn-lait également notre Co-promoteur Mr F. BOUCHENOUA pour son aide, ses orientations judicieuses, ses qualités d'ordre et d'efficacité et pour l'élaboration de ce travail.

Votre aide est très précieuse pour nous.

Nous remercions nos chers parents qui nous ont aidés à être ce que nous sommes et qui nous ont entourés avec tant d'amour et d'affection.

Enfin, nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères à tous les enseignants et aux personnes qui nous ont apportés leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'études à la mémoire de mes chers grands-parents, dont l'amour et les valeurs continuent de m'inspirer chaque jour.

À ma famille, pour leur soutien infaillible, leur patience et leurs encouragements constants tout au long de ce parcours. Vous avez été mon roc et ma source de motivation.

À ma camarade Lys, pour sa compréhension, son réconfort et les moments de joie partagés, qui ont rendu cette aventure plus douce et mémorable.

Merci à vous tous de croire en moi et de m'avoir soutenue dans la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Hadjer

Dédicaces

Je dédie ce mémoire de fin d'études à mes très chers parents pour leur soutien infailible, leur patience et leurs encouragements tout au long de mon parcours académique. Aucun hommage ne saurait être à la hauteur de leurs sacrifices pour notre réussite, ni de la bienveillance et de l'amour dont ils me comblent.

À ma grand-mère bien-aimée, dont la sagesse et l'affection m'ont toujours guidé avec amour.

A ma famille, pour tout l'amour et le bonheur que vous m'apportez et pour tout votre soutien.

A mon très cher Félix, merci de m'avoir tant fait sourire et pour le bonheur incommensurable que tu nous as apportés. Tu es et resteras toujours un membre cher de notre famille.

À ces merveilleuses personnes que j'ai rencontrées au cours de mon parcours académique, Smail, Yanis, Cherifa, Maya, Gigi et Sarah, Pour leur soutien, leurs aides et d'avoir fait de chaque moment passé ensemble un souvenir précieux et inoubliable.

Merci à vous tous de croire en moi et de m'avoir soutenue dans mes moments difficiles et dans la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Lysa.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

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

Partie I : Partie bibliographique

Chapitre I : Les boissons fruitées

1. Définitions et réglementations.....	2
1.1.Jus de fruits	2
1.2.Nectar de fruits	2
1.3.Boissons au jus de fruits	2
2. Composition des boissons au jus de fruits et nectars de fruits.....	3
2.1.Eaux traitées	3
2.2. Sucre liquide (sirop).....	3
2.3.Concentré de jus de fruits.....	3
2.4.Additifs.....	3
3. Valeur nutritionnelle des boissons au jus de fruits et nectars de fruits.....	4
4. Processus de fabrication des boissons au jus de fruits et nectars de fruits.....	5

Chapitre II : La vitamine C

1. Généralités sur les vitamines.....	8
2. Historique de la vitamine C	8
3. Définition de la vitamine C	9
4. Source de la vitamine C	9
5. Structure de la vitamine C	10
6. Propriétés et caractéristiques de la vitamine C.....	10
7. Rôle de la vitamine C.....	12
8. Intérêts de l'ajout de la vitamine C dans la préparation des boissons au jus de fruits et nectars de fruits.....	13
9. Dégradation de la vitamine C et son lien avec le brunissement non enzymatique dans les boissons au jus de fruits et nectars de fruits.....	13
10. Facteurs favorisant la dégradation de la vitamine C dans les boissons au jus de fruits et nectars de fruits.....	16
Oxygène.....	16
Température.....	16
pH.....	16
Métaux.....	16
Lumière.....	17
Humidité.....	17
Chlore.....	17

Partie II : Partie Pratique

Matériels et méthodes

1. Echantillonnage et préparation	18
2. Dosage de la vitamine C.....	19
3. Evaluation de l'activité antioxydante.....	19
4. Analyses des paramètres physicochimiques.....	19
4.1. Mesure du pH.....	20
4.2. Détermination du brix.....	20
4.3. Détermination de l'acidité.....	20
4.4. Mesure de la densité.....	21
4.5. Détermination du taux d'extrait sec totale (EST).....	21
5. Analyses microbiologiques	21
6. Analyse statistique.....	22

Résultats et discussion

1. Teneurs en vitamine C et activité antioxydante	22
1.1. Teneurs en vitamine C	23
1.2. Activité antioxydante	27
2. Paramètres physicochimiques.....	28
3. Analyses microbiologiques	34

Conclusion et perspectives	35
---	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Résumés

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de Normalisation

DLC : Date Limite de Consommation

DCPIP : 2,6-dichloro-phénol-indophénol

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EST : Extrait sec totale

JORA : Journal officiel de la république algérienne

ISO : l'Organisation Internationale de Normalisation

Liste des Figures

Figure 01 : Diagramme de fabrication des boissons au jus de fruits et nectars de fruits de l'entreprise Tchou-Lait CONDIA	07
Figure 02 : Structures des stéréo-isomères de l'acide ascorbique	10
Figure 03 : Réactions réversibles entre l'acide ascorbique et l'acide déhydroascorbique	11
Figure 04 : Voie de dégradation aérobie de la vitamine C en solution aqueuse	14
Figure 05 : Voie de dégradation anaérobie de la vitamine C en solution aqueuse.....	15
Figure 06 : Boissons Tchou-lait analysées.....	18
Figure 07 : Courbes de l'évolution de la vitamine C des échantillon (boissons cocktail de fruits et nectar de grenade) à 25° C.....	25
Figure 08 : Courbes de l'évolution de la vitamine C des échantillon (boissons cocktail de fruits et nectar de grenade) à 44°C et 55°C.....	26
Figure 09 : courbes d'évolutions de l'activité antioxydante des échantillons, boisson cocktail de fruits et nectar de grenade, à 25°C.....	27
Figure 10 : courbes d'évolutions de l'activité antioxydante des échantillons, boisson cocktail de fruits et nectar de grenade, à 44°C et 55°C.....	28
Figure 11 : Diagramme d'évolution du pH de la boisson cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	29
Figure 12 : Diagramme d'évolution du pH de la boisson nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	29
Figure 13 : Diagramme d'évolution du °Brix de la boisson cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	30
Figure 14 : Diagramme d'évolution du °Brix de la boisson nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	30
Figure 15 : Diagramme d'évolution de l'acidité de la boisson cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	31
Figure 16 : Diagramme d'évolution de l'acidité de la boisson nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	31
Figure 17 : Diagramme d'évolution de la densité de la boisson cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....	32

Figure 18 : Diagramme d'évolution de la densité de la boisson nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....32

Figure 19 : Diagramme d'évolution de l'extrait sec de la boisson cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....33

Figure 20 : Diagramme d'évolution de la densité de la boisson nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.....33

Listes des tableaux

Tableau I : Les composants des boissons au jus de fruits et nectars de fruits et leurs propriétés nutritionnelles	04
Tableau II : Valeurs nutritionnelles moyennes de boisson au jus de fruits et nectar de fruit pou 100ml	05
Tableau III : Les 20 meilleures sources naturelles de la vitamine C	09
Tableau IV : Principales propriétés physico-chimiques de l'acide ascorbique	11
Tableau V : Résultats du dosage de la vitamine C et de l'activité antioxydante avant et après pasteurisation et au cours de stockage à température ambiante (25°C).....	23
Tableau VI : Résultats du dosage de la vitamine C et de l'activité antioxydante au cours de stpckage aux températures 44° et 55°	23
Tableau VII : Résultats de l'analyses microbiologique des deux boissons analysées.....	43

Introduction

La vitamine C, également appelée acide ascorbique, est un micronutriment essentiel pour l'organisme humain. Elle joue un rôle vital dans de nombreux processus biologiques, en tant qu'antioxydant puissant, la vitamine C peut neutraliser les radicaux libres qui peuvent causer des dommages cellulaires et tissulaires (**Carr et al., 2018**). Elle est utilisée dans le domaine médical mais aussi en agroalimentaire comme aditifs (**Courret, 2015**).

Les boissons au jus de fruits et nectar de fruits représentent une source importante de vitamine C pour de nombreuses personnes. Elles sont souvent choisies comme alternative pour « leur teneur en cette vitamine, en particulier pour ceux qui ont des difficultés à consommer des fruits entiers ou qui préfèrent le goût des boissons de fruits. Cependant, la teneur en vitamine C dans ces boissons peut varier en fonction du processus de fabrication et des conditions de stockage (**García et al., 2019**).

Des études ont montré que la vitamine C se dégrade avec le temps en raison de l'exposition à l'oxygène, à la lumière et à la chaleur (**García et al., 2019**). La température, en particulier, accélère cette dégradation, la perte de vitamine C étant plus rapide à des températures élevées (**Uchida et al., 2015**). En outre, le temps de stockage est un autre facteur significatif influençant cette dégradation (**Akyildiz, 2021**).

C'est dans ce contexte que s'insère notre travail qui vise à étudier l'effet des conditions de fabrication et de stockage sur la teneur en vitamine C dans deux boissons fruitées de Tchén-Lait (boisson au cocktail de fruits et nectar de grenade). L'étude se focalise sur deux facteurs clés à savoir la température et le temps. Pour ce faire les boissons sont soumises à des analyses de leurs propriétés physico-chimiques, microbiologiques et antioxydante, qui sont des indicateurs de qualité, Ces analyses sont effectuées avant et après traitement thermique (pasteurisation), ainsi qu'après stockage du produit fini à différentes températures et pour diverses durées.

Dans le présent document, nous avons développé un ensemble de points que nous avons scindé en deux parties distinctes, la première partie est une synthèse bibliographique comportant deux chapitres qui examinent en détail les différentes boissons fruitées ainsi que les aspects liés à la vitamine C et la deuxième partie est consacrée à la pratique et se divise en deux volets principaux. Dans un premier temps, les méthodes d'analyse utilisées pour mener l'étude sont présentées. Ensuite, les résultats obtenus sont exposés et discutés.

Le document se termine par une conclusion générale mettant clairement l'accent sur les apports majeurs du travail réalisé et dégageant quelques perspectives.

Partie bibliographique

Chapitre I : Les boissons fruitées

1. Définitions et réglementations

Il existe plusieurs types de jus et boissons à base de fruits, chacun ayant des caractéristiques spécifiques et des réglementations précises.

1.1. Jus de fruits

Le jus de fruits est défini comme étant un produit liquide extrait de la partie comestible du fruits sain, mûr, frais ou conservé dans de bonnes conditions. Il est obtenu par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques (couleur, texture), chimiques, organoleptiques et nutritionnelles, essentielles des jus de fruits dont il provient. C'est un produit non fermenté mais fermentescible, il peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et composées volatils restitués (Ester, terpène...) qui proviennent des mêmes espèces de fruits (**JORA 40, 2022**).

Il existe deux types de jus de fruits :

- Jus de fruits pressé : obtenus directement par pressage des fruits par des procédés d'extractions mécaniques (**JORA 40, 2022**).
- Jus de fruits à base de concentré : obtenu par reconstitution du concentré de jus de fruits avec de l'eau potable (**JORA 40, 2022**).

1.2. Nectar de fruits

Le nectar de fruits est un produit non fermenté, mais qui peut l'être, préparé en ajoutant de l'eau, avec ou sans addition de sucre et/ou miel aux différents jus de fruits (frais, à base de concentré, déshydraté, obtenu par extraction hydrique) et aux concentrés de jus et purée de fruits. La quantité de sucre ajouté ne doit pas dépasser 20 % en poids par rapport au poids total du produit fini. La teneur en jus et/ou en pulpe de fruits dans le nectar varie entre 25% à 50% minimum selon le fruit (**JORA 40, 2022**).

1.3. Boisson au jus de fruits

C'est un produit gazéifié ou pas, préparé à partir d'eau potable et de jus de fruits et/ou de concentré de jus de fruit, la proportion de jus de fruits dans le produit fini doit être d'au moins 10% masse sous forme de jus de fruits et/ou jus de fruits préparé à base de concentré ou un mélange de ces composants. Et au quelle on peut rajouter de la pulpe ou partie comestible du fruit, des extraits végétaux d'origine naturelle suivants : arôme naturelle de fruit ou tous les éléments de fruit, huile essentielle et de sel de qualité alimentaire ainsi que des sucres ne dépassant pas 10,5% masse du produit fini (**JORA 40, 2022**).

Pour les jus de fruits préparé exclusivement à partir de jus de citron et/ou jus de lime, la proportion de jus de fruits dans le produit fini doit être d'au moins 6% (**JORA 40, 2022**).

2. Composition des boissons au jus de fruits et nectars de fruits

2.1. Eaux traitées

Provenant de sources souterraines ou de surface, obtenues par des traitements autorisés (distillation, microfiltration, osmose inverse, etc.), destinées à les rendre bactériologiquement et chimiquement potables. Ces eaux ont des caractéristiques chimiques stables qui confèrent des propriétés bénéfiques pour la santé suite à une minéralisation désirée (**Dila, 2013**).

2.2. Sucre liquide (sirop)

Le sucre liquide est obtenu par hydrolyse acide du sucre cristallin. Il est constitué d'un mélange de fructose, de glucose et de saccharose. Composé de 67% de matière sèche, il possède des propriétés spécifiques : anticristallisation, anticorrosion et améliorant) (**Apab, 2011**).

2.3. Concentré de jus de fruits

Produit obtenu après élimination, par évaporation, d'une quantité d'eau contenue dans le jus de fruits de façon à ce que la valeur Brix (la quantité de matière sèche soluble) soit au moins le double de la valeur Brix établie pour le jus reconstitué du même fruit (**JORA 40, 2022**). L'étape de concentration est utilisée pour faciliter le stockage et le transport, et améliorer l'impact environnemental du produit (**Chanson-Rolle et al., 2016**).

2.4. Additifs

Un additif est considéré comme toute substance qui n'est normalement pas consommée comme aliment, pouvant ou non avoir une valeur nutritionnelle et n'est pas considérée comme une matière première essentielle dans un ingrédient alimentaire (**Apab, 2011**). Plusieurs additifs peuvent être ajoutés aux boissons au jus et nectar de fruits dans le cadre de la législation en vigueur (**JORA 40, 2022**).

2.4.1. Acide citrique (E 330)

L'acide citrique est parmi les principaux acides organiques utilisés dans l'industrie alimentaire et porte le code E330. Il peut être utilisé comme émulsifiant, antioxydant et même pour ses qualités aromatiques, ayant un effet bactériostatique en abaissant le pH à un seuil qui empêche la croissance microbienne (**Apab, 2011**).

2.4.2. Acide ascorbique (E300)

L'industrie agroalimentaire utilise l'acide ascorbique comme antioxydant sous la référence E300, il n'est autre que la vitamine C (**De Kesel et al., 2006**).

2.4.3. Carboxyméthylcellulose (CMC)

La carboxyméthylcellulose de sodium est issue de fibres de bois et généralement de macromolécules de polysaccharides il est utilisé dans l'industrie agroalimentaire pour ses propriétés épaississantes, texturantes, stabilisantes ou émulsifiantes. Il donne au produit du volume et un aspect doux. Son numéro de référence est E466 (Charles et Darrigol, 1987).

3. Valeur nutritionnelle des boissons au jus de fruits et nectars de fruits

Les boissons au jus de fruits et nectars de fruits sont une bonne alternative pour l'hydratation tout en procurant à l'organisme quelque nutriments, vitamine et micronutriments antioxydant dont les rôles sont consignés dans le **tableau I**. Toutefois la quantité de ces derniers diffère selon chaque type de boisson (**tableau II**).

Tableau I : composants des boissons au jus de fruits et nectars de fruits et leurs propriétés nutritionnelles (Lecerf, 2003).

Composants	Propriétés
Phyto-nutriments (Caroténoïdes, Anthocyanines...)	Antiagrégants plaquettaires, antioxydants, possèdent des effets de synergie avec la vitamine E et ont un rôle dans le métabolisme osseux, anti-angiogénique et participent aux fonctions endothéliales
Eau	Hydratation
Vitamine (Vitamine C, vitamine E ...)	Antioxydants, améliorent le fonctionnement de l'organisme ,...
Minéraux (Magnésium, Potassium...)	Participent aux différentes réactions qui maintiennent l'équilibre de l'organisme
Polyphénols	Antioxydant, antiagrégant plaquettaire ,...
Fibres	Favorisent le fonctionnement intestinal par prolifération symbiotique de la flore colique
Glucides	Carburant privilégié du cerveau et substrat pour l'activité musculaire Interviennent dans le stockage sous forme de glycogène
Zinc	Cofacteur enzymatique, intervient dans la faculté gustative, joue un rôle au niveau de la croissance et de la fertilité.
Fer	Antianémique, tient un rôle dans la défense contre l'infection.

Tableau II : Valeurs nutritionnelles moyennes des boissons au jus de fruits et nectars de fruits pour 100ml (**Fredot, 2005**)

Composants	Jus de fruits	Jus de fruits à base de concentrés	Nectar de Fruits
Protéines(g)	N	N	N
Lipides (g)	N	N	N
Glucides (g)	12	10	20
VE (kJ)	200	170	220
Na (mg)	1	1.5	2.5
K (mg)	35	150	85
Ca (mg)	10	10	5
Vitamines (mg)	5-50	20	10
Carotènes (mg)	15-330	20	70

N : Négligeable

4. Processus de fabrication des boissons au jus de fruits et nectars de fruits

La production des boissons à base de concentré de fruits (boissons au jus de fruits et nectar de fruits) passe par plusieurs étapes. On distingue trois principales phases (Figure 01) :

- Préparation du produit
- Traitement (Pasteurisation)
- Remplissage et conditionnement.

4.1. Préparation du produit

Consiste en la reconstitution de la boisson au jus de fruits ou nectar de fruit avec l'addition, au concentré de jus de fruits, un sirop préparé à base d'eau et de saccharose ainsi que de l'acide citrique et/ou d'acide ascorbique et autres additifs (stabilisants) pour atténuer l'âpreté de son goût (**Benamara et Agougou, 2003**).

4.2. Traitement thermique (Pasteurisation)

La pasteurisation est le traitement thermique utilisé pour la conservation des boissons au jus de fruits et nectars de fruits ; elle vise à éliminer les microorganismes et à inactiver les enzymes (comme la pectine méthylestérase ou la polyphénoloxydase) pouvant altérer le produit ou le rendre impropre à la consommation (**Chen et al., 1993**). Elle est effectuée selon un barème temps-température qui peut varier (**Murat, 2009**).

La Flash-pasteurisation est une méthode qui consiste à porter très rapidement et à maintenir le produit à une température de 95 à 97 °C pendant 12 seconde environs puis le refroidir rapidement à une température qui dépend de la méthode de remplissage (Remplissage à chaud et auto-pasteurisation, Remplissage aseptique) (**Benaiche, 2001**).

4.3.Remplissage et conditionnement

Après la flash-pasteurisation, le produit est conditionné soit par remplissage à chaud, soit par remplissage aseptique à froid (**Berlinet, 2006**).

- Remplissage à chaud et auto-pasteurisation

Le produit après la flash-pasteurisation est refroidi à 82 à 85 °C puis introduit à cette température dans les récipients ; ceux-ci sont instantanément fermés, retournés ou agités de manière que le liquide chaud vienne au contact de toute la surface du récipient et l'aseptise, puis maintenus ainsi 3 à 4 min avant d'être refroidis (**Benaiche, 2001**).

- Remplissage aseptique

A ce niveau, le produit après la flash-pasteurisation est aussitôt et aseptiquement refroidi jusqu'à une température de 5 à 10 °C ; les opérations de remplissage et fermeture des récipients sont également réalisés sous asepsie (**Benaiche, 2001**).

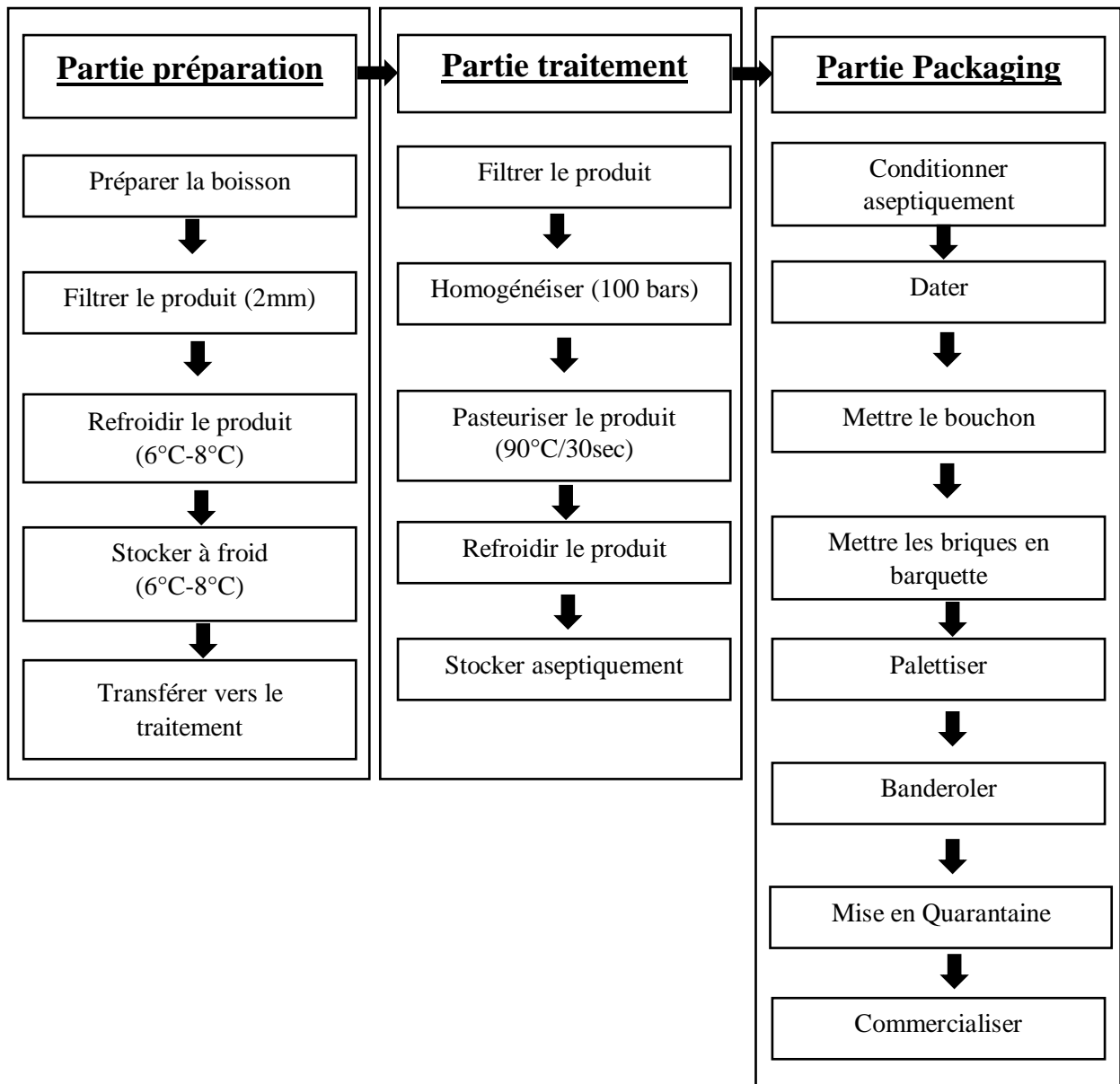


Figure 01 : diagramme de fabrication des boissons au jus de fruits et nectars de fruits de l'entreprise Tchén-Lait CONDIA.

Chapitre II : La vitamine C

1. Généralités sur les vitamines

Les vitamines sont un groupe de composés organiques complexes dont l'organisme a besoin en petites quantités. On les trouve dans les produits d'origine végétale (comme les fruits, les légumes et les huiles) et les produits d'origine animale (comme les œufs, la viande et les abats), ainsi que dans les produits laitiers et le poisson (**Mansour et Aljoubbeh, 2014**).

Les vitamines sont divisées en deux catégories en fonction de leur solubilité : les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K) et les vitamines hydrosolubles (vitamines C et vitamines du complexe B). Elles jouent tous un rôle clé dans le fonctionnement de l'organisme. Elles peuvent avoir des fonctions co-enzymatiques, c'est-à-dire que ce sont des molécules organiques nécessaires à certaines enzymes pour catalyser leurs réactions. Ils peuvent jouer un rôle dans les réactions d'hydroxylation ou d'oxydoréduction. Elles apportent une activité de type antioxydante voire hormonale (**Le Moal et al., 1992**).

2. Historique de la vitamine C

L'histoire de la vitamine C est étroitement liée à la redoutable maladie du scorbut, qui était autrefois la principale cause de décès chez les marins. **Vasco da Gama** avait remarqué les propriétés curatives des agrumes et les autorités recommandaient l'utilisation de jus de citron ou d'autres aliments végétaux pour prévenir le scorbut. Dans son expérience, Lind a divisé douze marins présentant une gravité similaire du scorbut en deux paires et a donné à chaque paire un traitement différent, seule la paire ayant reçus des oranges et des citrons a été guérie (**Hughes, 1975**).

La vitamine C a été isolée pour la première fois dans les glandes surrénales animales en 1928 par le scientifique hongrois Albert Szent-Györgyi. Il nomma cette substance acide hexuronique et soupçonna que c'était le facteur antiscorbutique qui prévenait le scorbut. En 1932, Szent-Györgyi et Joseph Svirbely concluent que l'acide hexuronique est bien de la vitamine C. Quelques semaines, l'Américain Charles G. King confirmait la même conclusion. Walter N. Haworth a déterminé la structure chimique de la vitamine C en 1933. Szent-Györgyi et lui ont proposé de nommer l'acide L-hexuronique acide a-scorbutique en raison de sa fonction antiscorbutique. C'est en partie pour cette découverte qu'Albert Szent-Györgyi et Walter Norman Haworth ont reçu respectivement les prix Nobel de physiologie et médecine et de chimie en 1937 (**Lucia Meier, 2023**).

3. Définition de la vitamine C

Le terme vitamine C est un terme général désignant tous les composés ayant l'activité biologique de l'acide L-ascorbique. Ce dernier est également connu sous les noms de L-xylo-ascorbique, la vitamine anti-sorbée et la vitamine C. Sa formule chimique brute est « C₆H₈O₆ » (**Levine et al., 1995**).

4. Sources de vitamine C

Les principales sources alimentaires de vitamine C sont les fruits et légumes frais (70 %) et des plus petites quantités dans les pommes de terre, le pain et les céréales (20 %) (**Zulfiqar et al., 2016**). L'apport alimentaire recommandé en vitamine C est 100 fois supérieur à celui de nombreuses autres vitamines. Cependant, un régime apportant 100 à 200 mg de vitamine C par jour peut fournir des concentrations plasmatiques suffisantes pour réduire le risque de maladies chroniques (**Carr et Maggini, 2017**). Le tableau III ci-dessous présente les aliments ayant une teneur importante en vitamine C.

Tableau III : Les 20 meilleures sources naturelles de la vitamine C (**Desaulniers et Dubost, 2007**)

Aliments	Portions	Teneurs (mg)
Goyave	125 ml (½ tasse)	199
Poivron rouge, cru ou cuit	125 ml (½ tasse)	101-166
Poivron vert, cru ou cuit	125 ml (½ tasse)	54-132
Papaye	½ papaye (153 g)	94
Kiwi	1 fruit moyen (76 g)	71
Orange	1 fruit moyen	70
Jus d'orange	125 ml (½ tasse)	43-66
Mangue	1 fruit moyen (207 g)	75
Brocoli, cru ou cuit	125 ml (½ tasse)	42-54
Fraises	125 ml (½ tasse)	52
Jus de légumes	125 ml (½ tasse)	35
Ananas	125 ml (½ tasse)	34
Pois verts crus	125 ml (½ tasse)	31
Chou-fleur cuit	125 ml (½ tasse)	29

5. Structure de la vitamine C

La vitamine C est un acide organique dont la structure est liée à celle d'un sucre à six atomes de carbone et peut être considérée comme un dérivé cyclique de l'hexose. Elle existe essentiellement sous deux formes : l'acide L-ascorbique (forme réduite) et l'acide déhydroascorbique (forme oxydée) (DE Matos, 2016).

L'acide ascorbique comprend une fonction lactone, une fonction énédiol (HO-C=C-OH), qui soutient son activité biologique et confère des propriétés acides à la molécule, et deux fonctions alcool (Guilland et al., 1998).

Parmi les 4 stéréo-isomères de l'acide ascorbique (figure 2), seul l'acide L-ascorbique possède des propriétés vitaminiques.

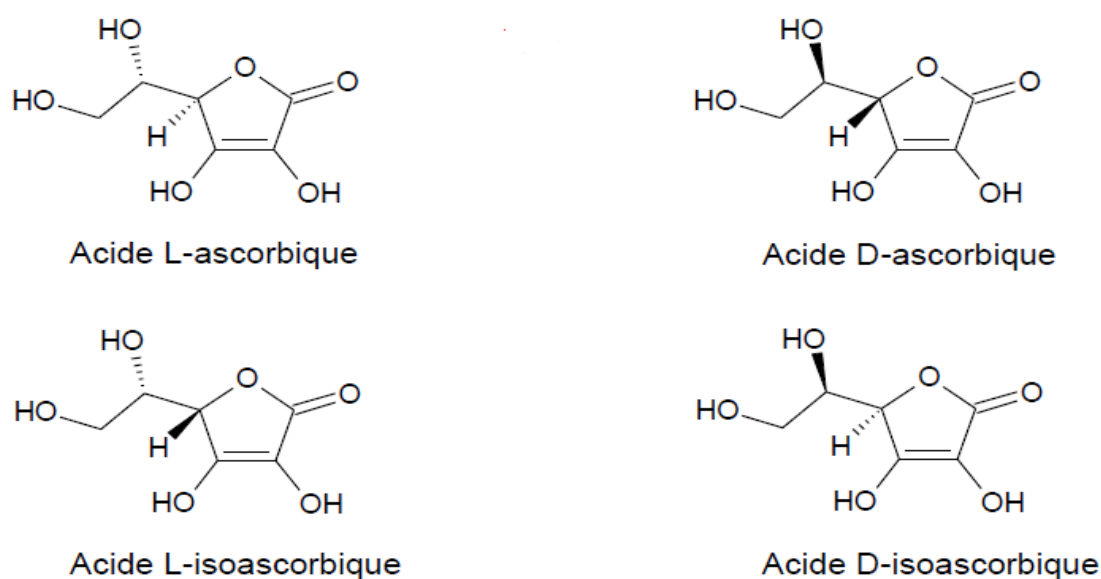


Figure 2. Structures des stéréo-isomères de l'acide ascorbique (Braulio Gomez, 2016).

6. Propriétés et caractéristiques de la vitamine C

La vitamine C présente plusieurs propriétés notamment physicochimique, d'oxydoréduction et de stabilité.

a. Propriétés physico-chimiques de la vitamine C

A température ambiante et à pression atmosphérique, l'acide ascorbique se présente sous forme de poudre cristalline blanche, inodore, avec un goût acide aigre (Davey et al., 2000), facilement soluble dans l'eau (maximum 300 g/L), peu soluble dans l'alcool et insoluble dans le chloroforme et l'éther (Bourgeois, 2003).

Le tableau IV indique les principales caractéristiques physicochimiques de l'acide ascorbique.

Tableau IV. Principales propriétés physico-chimiques de l'acide ascorbique (Davey et al., 2000).

Propriétés	Valeurs
Masse molaire g/mol	176,13
Masse volumique (g/ml)	1,65
Solubilité dans l'eau à 25 °C (g/L)	330
pH	3 (5 mg/ml) ; 2 (50 mg/ml)
PK1 à 25 °C	4,17
PK2 à 25 °C	11,57

b. Propriétés oxydo-réductrices et de stabilité de la vitamine C :

L'acide L-ascorbique est un puissant réducteur qui, par oxydation produit de l'acide déhydroascorbique. Ces deux formes réduite et oxydée de l'acide ascorbique constituent un couple redox, entre lequel, il existe un équilibre réversible (Marez,2004).

La figure 3 ci-dessous montre les réactions redox entre les formes oxydée et réduite de l'acide ascorbique.

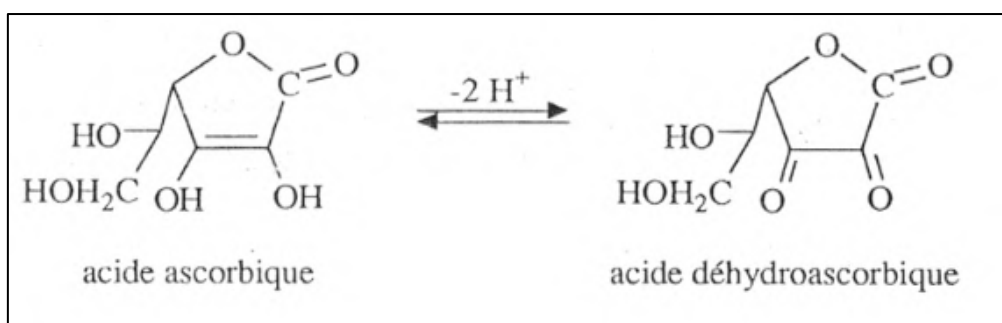


Figure 3 : Réactions réversibles entre l'acide ascorbique et l'acide déhydroascorbique (Marez, 2004).

La vitamine C est stable à l'état solide, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Par contre en solution aqueuse, elle s'altère très rapidement au contact de l'oxygène, qui l'oxyde. Cette oxydation est accélérée par la chaleur, la présence d'alcalins et d'ions métalliques (Bourgeois, 2003).

7. Rôles de la vitamine C

La vitamine C, joue un rôle significatif dans l'organisme ainsi qu'en industrie alimentaire.

a. Rôles physiologiques de la vitamine C

La vitamine C intervient dans plusieurs fonctions biochimiques dans l'organisme :

- Aide le corps dans la synthèse et entretien du collagène ; une protéine essentielle à la formation du tissu conjonctif de la peau, des ligaments et des os, et cela en intervenant dans l'hydroxylation des prolines et lysines du collagène, garantissant ainsi la stabilité et la résistance des tissus corporels (**Combs, 2008 ; Rousseau, 2011**).
- Grace à ses propriétés antioxydantes, la vitamine C, joue un rôle crucial dans la neutralisation des radicaux libres présent dans l'organisme. Elle permet aussi de régénérer la vitamine E (α -tocophérol) oxydée, augmentant ainsi l'efficacité du réseau antioxydant, ce qui assure une protection contre les agents toxiques pour les cellules (**Lykkesfeldt et al., 2014**).
- Réduit le risque de l'artériosclérose, de maladies cardio-vasculaires et certaines formes de cancers (**Biljana et Marija, 2009**).
- L'acide ascorbique, par son pouvoir d'oxydoréduction, transforme le fer ferrique Fe^{3+} en fer ferreux Fe^{2+} favorisant ainsi l'absorption du fer non héminique, et joue aussi un rôle dans la mobilisation du fer d'un compartiment à un autre (**De Matos, 2016**).

b. Rôle de la vitamine C en industrie alimentaire

En industrie agroalimentaire, l'acide ascorbique (E300) est admis comme additif alimentaire, en raison de ces propriétés antioxydantes, conservatrices et nutritionnelles permettant de mieux conserver le produit et par conséquent prolonger sa DLC. En tant qu'antioxydant, l'acide ascorbique réagit avec le dioxygène de l'air (par oxydoréduction) l'empêchant ainsi d'oxyder d'autres molécules organiques, ce qui aurait pu provoquer un rancissement (mauvais goût) ou un changement de couleur (brunissement peu appétissant) (**Hautier et Tinant, 2006**).

Outre ses fonctions antioxydantes et conservatrices, la vitamine C est également valorisée pour son apport nutritionnel. Enrichir en vitamine C des aliments peut être une stratégie efficace pour fortifier ces derniers et prévenir les carences en cette vitamine chez le consommateur (**Combs, 2008**).

Par ailleurs, la vitamine C est aussi souvent utilisée comme indicateur de la rétention des nutriments dans les produits transformés en raison de sa grande sensibilité aux conditions de traitement et de conservation (**Rickman et al., 2007 ; Rojas et Gerschenson, 1997**).

8. Intérêts de l'ajout de la vitamine C dans la préparation des boissons au jus de fruits et nectars de fruits.

Les boissons aux fruits sont naturellement riches en vitamine C, mais pour certaines raisons, l'industrie peut ajouter ce composé :

- Soit pour restaurer dans la boisson la quantité initialement présente et perdue lors du processus de fabrication, et réguler l'acidité de la boisson ;
- Soit pour enrichir la boisson en cette vitamine dans un but commercial ;
- Soit en tant qu'agent antioxydant pour assurer une meilleure conservation du produit au cours de son stockage ainsi prolonger sa DLC (**Marez, 2004**).

L'addition de cette vitamine est réalisée soit au moment du pressurage soit au moment de la préparation du produit fini (**Bourgeois, 2003**).

9. Dégradation de la vitamine C et son lien avec le brunissement non enzymatique dans les boissons au jus de fruits et nectars de fruits :

Il existe deux voies de dégradation de l'acide ascorbique, voie aérobie et voie anaérobie, qui mènent à la formation de réductones qui sont des intermédiaires dans la réaction de Maillard (**Berlinet, 2006**).

a. Voie de dégradation aérobie

Lorsqu'il est exposé à l'oxygène et à l'eau, l'acide ascorbique subit une oxydation (figure 4), entraînant la formation d'acide déhydroascorbique. Ce dernier, dans les aliments, subit le plus souvent une hydrolyse irréversible qui conduit à la formation de l'acide 2,3-dicétogulonique, qui a son tour en solution aqueuse, après décarboxylation, peut donner la 3-hydroxy-2-pyrone et l'acide 2-furoïque (**Berlinet, 2006**).

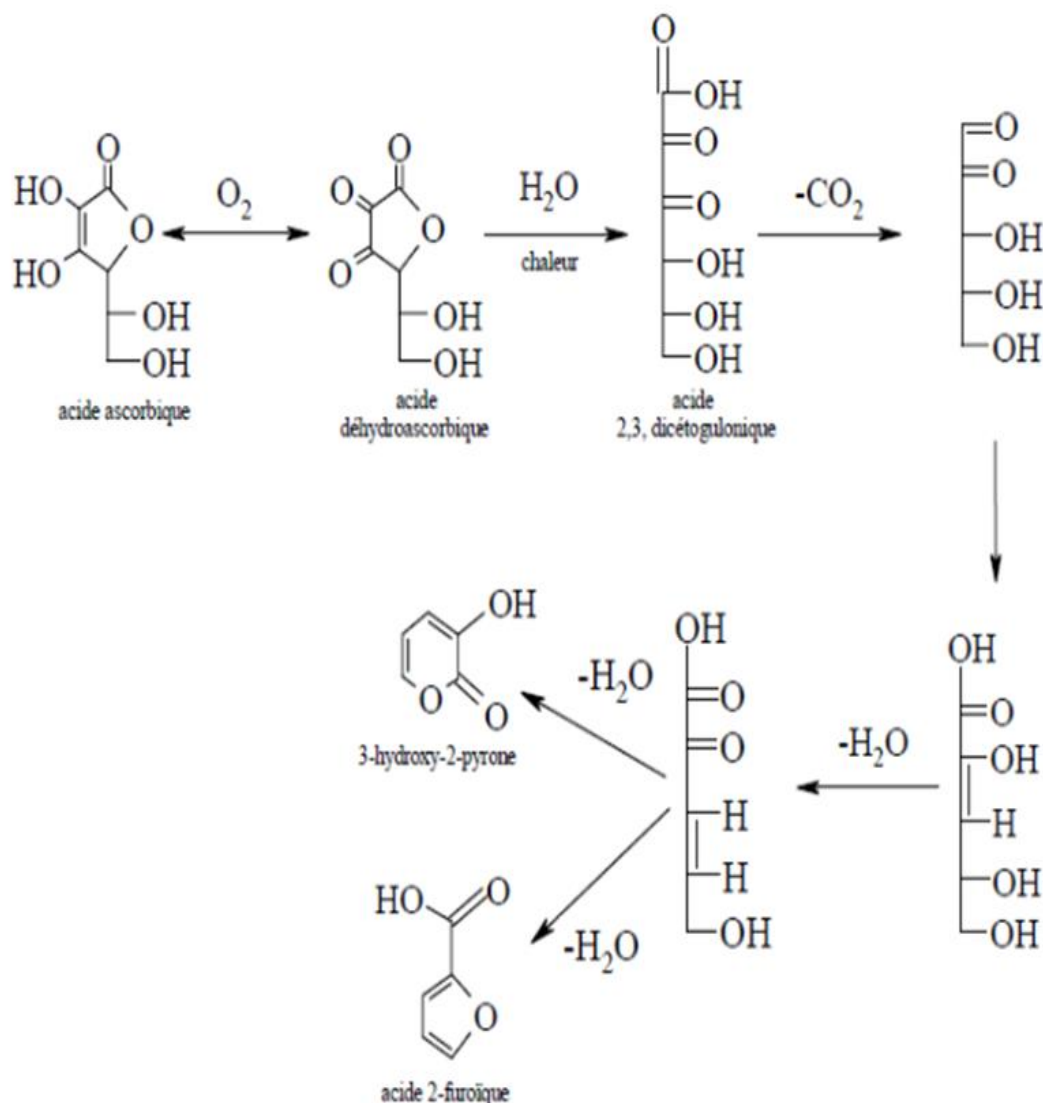


Figure 4 : Voie de dégradation aérobie de vitamine C en solution aqueuse (Berlinet, 2006).

b. Voie de dégradation anaérobie

L'acide ascorbique peut aussi se dégrader en absence d'oxygène (Figure 5). En milieu acide et à chaud, l'acide ascorbique subit une déshydratation et une décarboxylation qui conduisent à la formation de produits intermédiaires, de gaz carbonique et de furfural (Huelin et al., 1971). Cette dégradation a été observée dans les jus d'orange au cours de leur stockage. Dans le cas où le jus d'orange contient encore de l'oxygène dissous, une dégradation rapide de l'acide ascorbique par l'oxygène est observée suivie d'une dégradation plus lente et anaérobie (Kennedy et al., 1992).

Les deux voies, aérobie et anaérobie, conduisent de la même manière à la formation de produits intermédiaires qui peuvent être des réductions. Des composés volatils sont formés dont

le furfural, qui est caractérisé par des descripteurs piquant, pain, caramel, cannelle-amande (Arctander, 1969).

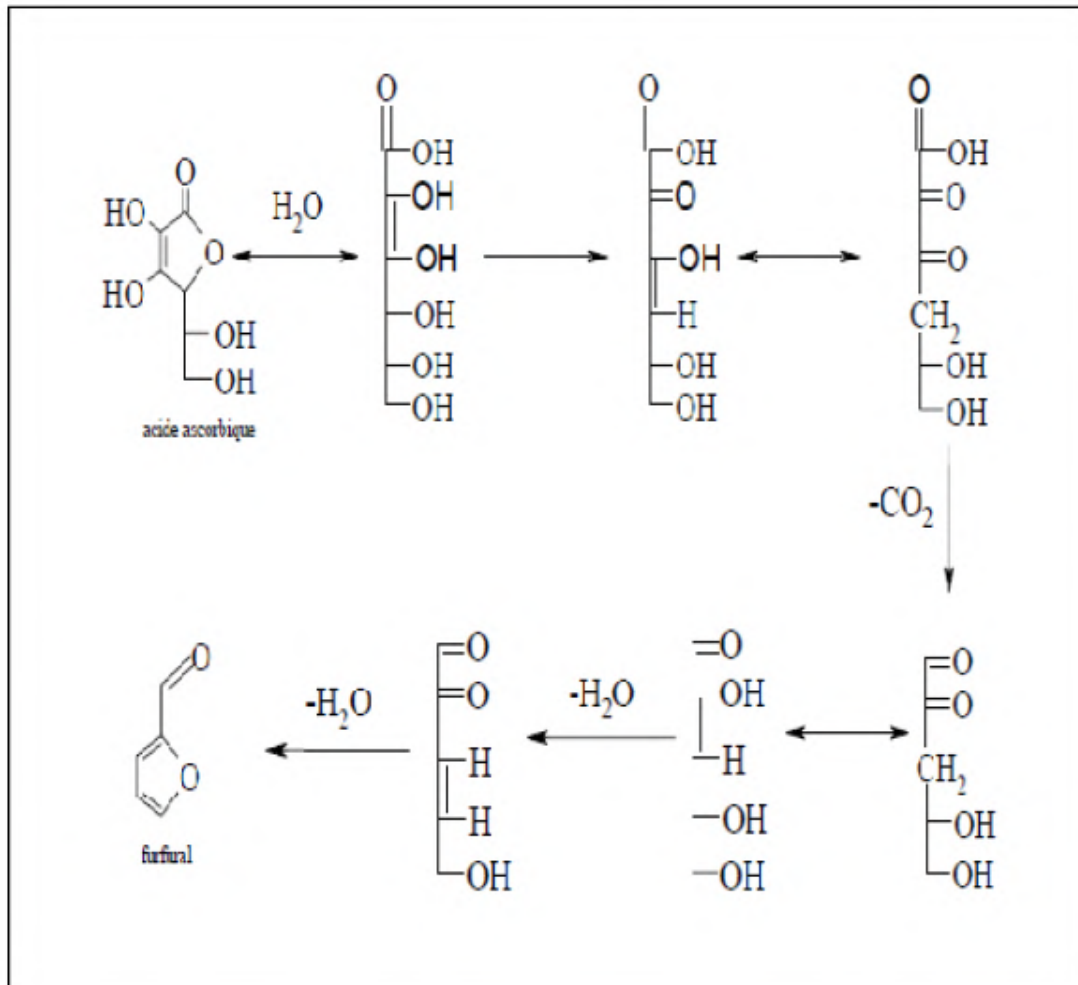


Figure 5 : Voie de dégradation anaérobie de la vitamine C en solution aqueuse, (Berlinet, 2006).

c. Modifications de la couleur des boissons au jus de fruits et nectars de fruits : brunissement non-enzymatique

Les réductones formées par les deux voies de dégradation de la vitamine C peuvent participer au brunissement non-enzymatique généralement attribué à des réactions de Maillard. Selon Nout *et al.* (2003), ces réactions au sens propre sont des réactions de condensation du groupe carbonyle des sucres réducteurs avec des groupes amines des acides aminés et/ou des protéines, Elles comportent plusieurs étapes complexes qui aboutissent à des composés qui peuvent modifier le profil aromatique des jus et nuire à leur qualité organoleptique :

- La synthèse de composés carbonylés très réactifs (furfuraldéhydes, réductones) ;
- La formation de polymères bruns, aussi appelés mélanoidines ;

- La formation de composés volatils et odorants.

La température est le principal facteur du brunissement non enzymatique (la vitesse de la réaction est multipliée par 20000 lorsqu'on passe de 0 à 70 °C). Et la présence d'acide citrique favorise également ce brunissement, les sucres influent peu sur ces réactions. Enfin, des valeurs de pH faibles augmentent le brunissement (**Shinoda et al., 2004**).

10. Facteurs favorisant la dégradation de la vitamine C dans les boissons au jus de fruits et nectars de fruits

La dégradation de la vitamine C est favorisée par plusieurs facteurs :

- **Oxygène**

La présence de l'oxygène est un facteur fréquent de la dégradation de l'acide ascorbique dans les boissons au jus de fruits, ce dernier est peu stable en solution aqueuse, et rapidement oxydé par l'air (**Marez, 2004**).

- **Température**

L'effet de la température sur la vitesse de dégradation de la vitamine C suit généralement une cinétique de premier ordre, La vitesse de dégradation augmente avec la température. En effet les molécules de vitamine C se décomposent plus rapidement à des températures élevées en raison de l'augmentation de l'énergie thermique disponible pour rompre les liaisons chimiques (**Giannakourou, 2021**).

Dans le processus de fabrications des boissons au jus de fruits, la pasteurisation ou la flash pasteurisation est responsable de la perte d'une partie de l'acide ascorbique. Cette dégradation s'effectue en milieu acide soit en aérobiose ou en anaérobiose (**Vitcnat, 2016**).

- **pH**

Le niveau de pH dans le milieu (acide ou alcalin) peut également influencer la stabilité de la vitamine C. En général, l'acide ascorbique est plus stable à faible pH (inférieure au $pK_1=4,17$) sous sa forme non dissociée, tandis qu'à un pH supérieur à 4,17 la forme dissociée (l'ion ascorbate) qui est plus réactif envers l'oxygène devient prédominante (**Gregory, 1985**).

- **Métaux**

La dégradation de l'acide ascorbique est catalysée par la présence d'ions métallique dans le milieu. Les métaux de transition comme le cuivre (Cu^{2+}) et le fer (Fe^{3+}) participe à des cycles redox qui oxydent l'acide ascorbique. Ils peuvent aussi réagir avec l'oxygène dissous pour former des radicaux libres, tels que les radicaux superoxydes ($O_2^{\bullet-}$) et les radicaux hydroxyles

(OH^{*}). Ces radicaux libres sont des espèces très réactives qui peuvent attaquer et dégrader l'acide ascorbique (**Bourgeois, 2003**).

Ainsi, pour la fabrication des boissons au jus de fruits, la qualité de l'eau utilisée (ions métalliques) est de première importance (**Sizer et al., 1988**).

- **Lumière**

La dégradation de la vitamine C est accélérée par une exposition à la lumière visible ou rayonnement UV (Parc Tunney, 2014). Il a, par ailleurs, été démontré qu'après un traitement UV, cette dégradation peut se poursuivre à l'obscurité et est d'autant plus importante que l'exposition initiale ou la température sont importantes (**Yang et Min, 2009**).

- **Humidité**

L'acide ascorbique cristallisé est stable à l'air sec mais s'oxyde rapidement en présence d'air légèrement humide (**Gil-Izquierdo, 2002**).

- **Chlore**

Le chlore est un agent oxydant puissant qui peut dégrader la vitamine C en l'oxydant en acide déhydroascorbique, cette réaction est catalysée par la lumière, la chaleur et le pH acide (**Vazquez-Wong et al., 2012**). Même des concentrations faibles de chlore dans la boisson, de l'ordre de 0,5 mg/l, peuvent entraîner une diminution notable de la teneur en vitamine C après quelques jours de stockage (**Lee et al., 2006**).

Partie pratique

Matériels et méthodes

1. Echantillonnage et préparation

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de la pasteurisation et de la température de stockage sur la dégradation de la vitamine C au fil du temps dans deux boissons produites par l'industrie Tchén-lait sous le label Candia (cocktail de fruits et Nectar de grenade) (Figure 6). Pour cela, les échantillons sont analysés avant (semi-finis) et après la pasteurisation (produits finis), ainsi qu'après stockage des produits finis à différentes températures dans des cuves au sein de l'entreprise d'accueil (25°, 44° et 55°) pendant des durées variables.

Les analyses sont réalisées à la fois au laboratoire de Nutrition et Alimentation de notre université (dosage de la vitamine C et mesure de l'activité antioxydante) et aux laboratoires de Physicochimie et Microbiologie de l'entreprise (analyses des paramètres physico-chimiques et microbiologiques). Ces analyses comprennent diverses mesures et tests visant à évaluer la qualité des boissons et la dégradation de la vitamine C.



Figure 6 : boissons Tchén-lait analysées.

2. Préparations des échantillons

Le dosage de la vitamine C et l'évaluation de l'activité antioxydante sont réalisés sur l'échantillon semi finis (SF) et produit finis (j0), ainsi que sur des prélèvements au cours de l'incubation :

- chaque 10 jours pour la température 25°C pendant 1 mois
- chaque 5 jours pour les températures 44°C et 55°C pendant 15 jours

Les mêmes prélèvements sont effectués sur les deux types de boissons.

Les analyses des paramètres physicochimiques et microbiologiques des deux boissons sont réalisées sur le produit finis, avant incubation et après 30 jours d'incubation à différentes températures (25°C, 44°C, 55°C).

3. Dosage de la vitamine C

Le dosage de la vitamine C se fait par la méthode spectrophotométrique à l'aide d'un spectrophotomètre (BIOTECH ENGINEERING MANAGEMENT CO. LTD. UK. UV-9200) selon la méthode de **Mau et al. (2005)** : 500 µl de l'échantillon sont mélangés avec 2500 µl de DCPIP (2,6-dichlorophénolindophénol). L'absorbance est mesurée à 515 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique par 100 ml de boissons (mg EAA/100ml de boisson) en se référant à une courbe d'étalonnage préparée dans les mêmes conditions opératoires (Annexe 2).

4. Evaluation de l'activité antioxydante

Le radical DPPH° est largement utilisé comme substrat pour évaluer l'activité antioxydante. La réduction de ce radical est déterminée par la diminution de son absorbance à 517 nm provoquée par des antioxydants naturels ou de synthèse (**Molyneux, 2004 ; Marxen et al., 2007**).

L'inhibition de radical DPPH° est déterminée selon le protocole décrit par **Brand-Williams et al. (1995)** ; un volume de 60 µl de l'échantillon est mélangé à 2440 µl de la solution DPPH°, un contrôle est préparé sous les mêmes conditions. Après agitation, les échantillons sont placés à l'obscurité à température ambiante pendant 60 min. Les absorbances sont mesurées à 517nm.

Le pourcentage d'inhibition (PI) du radical libre est calculé comme suit :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(Abs C - Abs E) / Abs C * 100]$$

Abs C : Absorbance du contrôle

Abs E : Absorbance de l'extrait

5. Analyses des paramètres physicochimiques

Les analyses des paramètres physicochimiques des deux boissons sont réalisées sur le produit finis, avant incubation et après 30 jours d'incubation à différentes températures (25°C, 44°C, 55°C).

4.1. Mesure du pH

La mesure du potentiel hydrogène (pH) est la concentration en ion hydrogène (H⁺) d'une solution ionisée (**Rodier et al., 2005**). Il est mesuré par un pH-mètre (WTW Inolab pH7110) muni d'une électrode en verre.

Le pH mètre doit être étalonné par deux solutions tampons, l'analyse se fait ensuite sur l'échantillon en plongeant la sonde de température dans le bécher contenant l'échantillon. La valeur est directement lue sur l'afficheur du pH-mètre (**ISO1842-1992**).

4.2. Détermination du Brix

Le Brix désigne la quantité de matière sèche soluble et est mesuré avec un réfractomètre (ATAGO Pocket) à la température 20°C (**ISO2173-2003**). Il est présenté en °Brix ; 1°B = 1g de sucres dans 100g de solution.

4.3. Détermination de l'acidité

L'acidité titrable des boissons, exprimée en teneur d'acide citrique par unité de volume, est déterminée par titrimétrie à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium NaOH, en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (**Ezoua et al., 1999**).

À l'aide d'une pipette, le produit est prélevé et versé dans un erlenmeyer. Ensuite, quelques gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées et l'ensemble est agité. Par la suite, le titrage est effectué avec du NAOH jusqu'à ce qu'un changement de couleur, qui représente le point d'équivalence, se produise. Le volume de NAOH nécessaire pour titrer l'échantillon est noté. L'acidité ou la quantité d'acides dans l'échantillon est exprimée en mg équivalent d'acide gallique par l litre de boisson (mg EAG/l de boisson), elle est obtenue en multipliant le volume de NAOH (volume de la chute de burette) par le coefficient de l'acide citrique, qui est égal à 0,64, selon la formule suivante :

$$\text{Acidité (g/l)} = (v_b * N_b * M) / (V_j * d)$$

V_b : Volume de NaOH utilisé pour le titrage (ml)

N_b : Normalité de la solution de soude (0,1 mol/L)

M : Masse molaire de l'acide titré (g/mol) (64g/mol pour l'acide citrique)

V_j : Volume de jus prélevé (mL)

d : Densité du jus (généralement supposé égale à 1 g/mL)

4.4. Mesure de la densité

La mesure de la densité est effectuée selon le protocole de l'entreprise (Tchin-lait) par la méthode physique à l'aide d'un pycnomètre qui est caractérisé par un volume très précis. Le protocole implique de stabiliser la température de l'échantillon à 20°C, de peser le pycnomètre vide en premier puis le remplir avec la boisson, de le peser et de déterminer sa masse (g), La densité (g/l) est enfin calculée selon la formule :

$$d = \frac{m1-m0}{V}$$

m0 : Masse de pycnomètre vide

m1 : Masse de pycnomètre et de l'échantillon.

V : Volume de l'échantillon.

4.5. Détermination du taux d'extrait sec totale (EST)

L'extrait sec est la quantité de matières sèches contenue dans 1 litre de produit, il est exprimé en pourcentage massique (m/m) ou volumique (g/l). Un échantillon est pesé et évaporé au moyen d'un dessiccateur à infrarouge (Precisa XM60/5602121) muni d'une balance de précision (Fnor, 1999).

Le sable (11g) est pesé dans une coupelle sèche et taré, puis additionné de 3g de la boisson. Le tout est étalé sur la surface de la coupelle. Le dessiccateur est ensuite mis en marche et au bout de quelques minutes, une valeur stable de pourcentage de l'EST est affichée sur son l'afficheur de l'appareil. La teneur de l'EST est calculée comme suit :

$$EST (g/l) = L * 10 * d$$

L : Pourcentage massique lu sur l'appareil.

d : Densité du jus.

10 : Coefficient de conservation de l'EST en g/kg

5. Analyses microbiologiques (Levures et moisissures)

Les levures et moisissures sont des champignons microscopiques dont la présence dans les boissons n'est pas souhaitée. Elles provoquent des changements organoleptiques tels que l'altération du goût, le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la durée de conservation des produits (Guiraud et Galzy, 1980).

La recherche et le dénombrement des levures et moisissures se fait sur le milieu Sabouraud (SAB). Les boîtes de Pétri sontensemencées en masse à raison de 1 ml par boîte (2 essais pour chaque échantillon à analyser). L'échantillon et la gélose sont homogénéisés et laissés solidifier, puis incubés à 25°C durant 5 jours.

6. Analyse statistique :

Les résultats sont présentés en moyenne de trois répétitions \pm SD (écartype), ce traitement des données obtenues est fait avec le test Newman-keuls, sur le logiciel JMP Pro 14, afin de voir les échantillons qui appartiennent aux mêmes groupes.

Résultats et discussion

1. Teneurs en vitamine C et activité antioxydante

Les résultats du dosage de la vitamine C et de la mesure de l'activité antioxydante effectués sur les deux types de boissons analysés, avant et après pasteurisation et au cours de stockage à température 25°C ainsi qu'à température 44°C et 55°C sont représentés respectivement dans les tableaux V et VI.

Tableau V : Teneurs en vitamine C et l'activité antioxydante avant et après pasteurisation et au cours de stockage à température ambiante (25°C) :

	jours					
	Echantillon	SF	J0	J10	J20	J30
Dosage de la vit C (mg/100mL de jus)	Cocktail de fruits	27,68±0,71 ^a	28,12±0,55 ^a	26,34±0,08 ^b	21,38±0,20 ^c	16,62±0,06 ^d
	Nectar de grenade	17,80±0,16 ^a	17,86±0,08 ^a	9,36±0,29 ^b	6,05±0,29 ^c	4,62±0,08 ^d
Activité antioxydante (%)	Cocktail de fruits	71,42±0,44 ^a	67,08±0,13 ^b	63,01±0,07 ^c	60,97±0,09 ^d	55,76±0,48 ^e
	Nectar de grenade	50,85±0,32 ^a	47,63±0,32 ^b	39,56±0,07 ^c	26,58±0,40 ^d	24,24±0,96 ^e

a, b, c, d et e : représente les différence significative à $p < 0,05$. $a > b > c > d > e$

Tableau VI : Résultats du dosage de la vitamine C et de l'activité antioxydante au cours de stockage aux températures 44° et 55° :

	Jours		J0		J5		J10		J15	
	T°	Echantillon	Avant incubation	44°	55°	44°	55°	44°	55°	
Dosage de la vit C (mg/100mL de jus)		Cocktail de fruits	28,12±0,55 ^a	27,65±0,98 ^a	26,37±0,27 ^b	25,54±0,04 ^b	24,94±0,08 ^c	24,14±0,08 ^c	20,20±0,14 ^d	
		Nectar de grenade	17,86±0,08 ^a	11,18±0,94 ^b	9,12±0,39 ^b	9,68±0,00 ^c	8,51±0,24 ^c	9,34±0,08 ^c	8,17±0,02 ^c	
Activité antioxydante (%)		Cocktail de fruits	67,08±0,13 ^a	64,32±0,33 ^b	63,67±0,07 ^b	62,60±0,07 ^c	60,34±0,22 ^c	51,02±0,12 ^d	50,85±0,11 ^d	
		Nectar de grenade	47,63±0,32 ^a	41,70±0,66 ^b	39,83±0,66 ^b	36,42±0,44 ^c	30,56±0,73 ^c	31,89±0,64 ^d	26,17±0,64 ^d	

a, b, c, d et e : représente les différence significative à $p < 0,05$. $a > b > c > d > e$

1.1 Teneurs en vitamine C

1.1.1. Evolution de la vitamine C après traitement thermique (pasteurisation à 90°C/30s)

Les résultats obtenus (tableau V) montrent une teneur en vitamine C de 27,68 mg/100ml et de 17,80 mg/100ml pour les échantillons semi-finis de la boisson au cocktail de fruits et Nectar de grenade respectivement. Après le traitement de pasteurisation, une valeur de 28,12 mg/100ml pour la boisson au cocktail de fruits et de 17,86 mg/100ml pour le nectar de grenade sont enregistrés.

Selon l'analyse statistique il n'existe pas de différence significative ($p < 0,05$) dans la teneur en vitamine C avant et après la pasteurisation pour ces échantillon analysés. Cela signifié que le traitement de pasteurisation n'a pas affecté significativement la teneur en vitamine C. en suppose que cela est due au pH acide de la boisson analysée qui à préserver la vitamine C l'a maintenant sous sa forme non dissociée, ainsi qu'à la courte période du traitement de pasteurisation (90°C pendant 30s).

Ces résultats sont en accord avec l'étude de **Gil-Izquierdo et al. (2002)**. Ce comportement de la vitamine C est rapporté également par **Boumendjel et al. (2013)**, qui n'ont enregistré aucun effet significatifs ($p = 0,027$) du traitement d'appertisation sur le taux de vitamine C de leur échantillon (triple concentrer de tomate). Mais s'opposent à d'autres études notamment celles de **Elez-Martinez et Martin-Belloso, (2007)** et **Metlef et al. (2022)**, qui indique que le traitement thermique présente un facteur principal dans la dégradation de la vitamine C.

1.1.2. Evolution la vitamine C au cours de l'incubation du produit finis à des températures 25° C, 44° C et 55° C

a. Teneurs en vitamine C à 25°C

Les résultats obtenus pour la boisson au cocktail de fruits montrent qu'à J0, la teneur en vitamine C est de 28,12 mg/100 ml. On observe une diminution significative ($p < 0,05$) de cette teneur au fil des jours de stockage : elle passe à 26,34 mg/100 ml à jour 10, puis à 21,38 mg/100 ml à jour 20, pour atteindre finalement 16,62 mg/100 ml à jour 30.

Pour le nectar de grenade, les teneurs en vitamine C diminuent également de manière significative ($p < 0,05$) au cours de stockage. Les valeurs observées sont de 17,86 mg/100 ml à jour 0, 9,36 mg/100 ml à jour 5, 6,05 mg/100 ml à jour 10, et de 4,62 mg/100 ml à jour 20.

Les courbes (Figure 7) permettent de représenter l'évolution de la vitamine C des deux échantillons analysés (boissons cocktail de fruits et nectar de grenade) à 25°C.

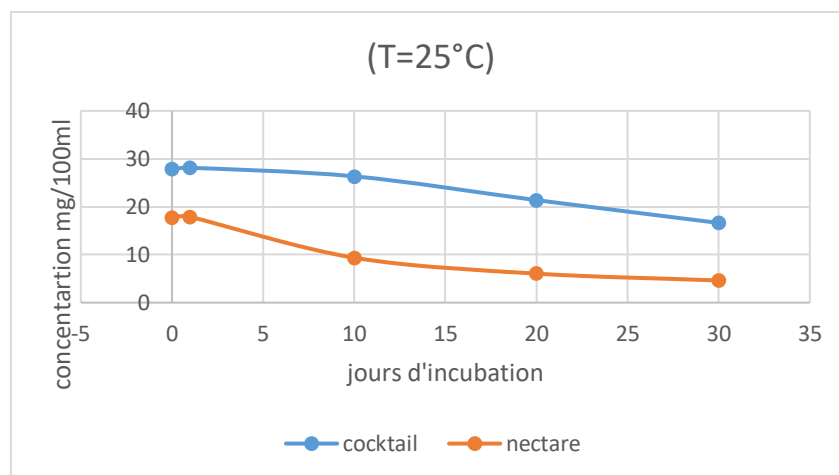


Figure 7 : Evolution de la vitamine C des échantillon (boissons cocktail de fruits et nectar de grenade) à 25° C

b. Teneurs en vitamine C à 44°C

Pour la boisson au cocktail de fruits, une diminution significative ($p < 0,05$) de la teneur en vitamine C est observée après 10 jours de stockage, avec une valeur de 25,54 mg/100 ml, atteignant 24,14 mg/100 ml au jour 15.

En ce qui concerne le nectar de grenade, la dégradation de la vitamine C est significative ($p < 0,05$) dès le jour 5 de stockage, se poursuivant jusqu'au jour 10 avec une valeur de 9,68 mg/100ml. Il n'existe pas de différence significative entre la teneur en vitamine C au jour 10 et 15 de stockage à 44°C.

c. Teneurs en vitamine C à 55° C

Pour la boisson au cocktail de fruits, les résultats montrent une dégradation significative ($p = 0,05$) de la teneur en vitamine C dès le jour 5 de stockage. La teneur en vitamine C diminue significativement tout au long de la période de stockage, atteignant 20,20 mg/100 ml au jour 15. Quant au nectar de grenade, une dégradation significative ($p < 0,05$) est observée dès le jour 5 avec une teneur de 9,12 mg/100 ml, et au jour 10 avec une teneur de 8,51 mg/100 ml. Aucune diminution significative ($p < 0,05$) n'est constatée entre le jour 10 et J15 (8,51-8,17 mg/100ml).

Les courbes (Figure 8) permettent de représenter l'évolution de la vitamine C des deux échantillons analysés (boissons cocktail de fruits et nectar de grenade) à 44°C et 55°C.

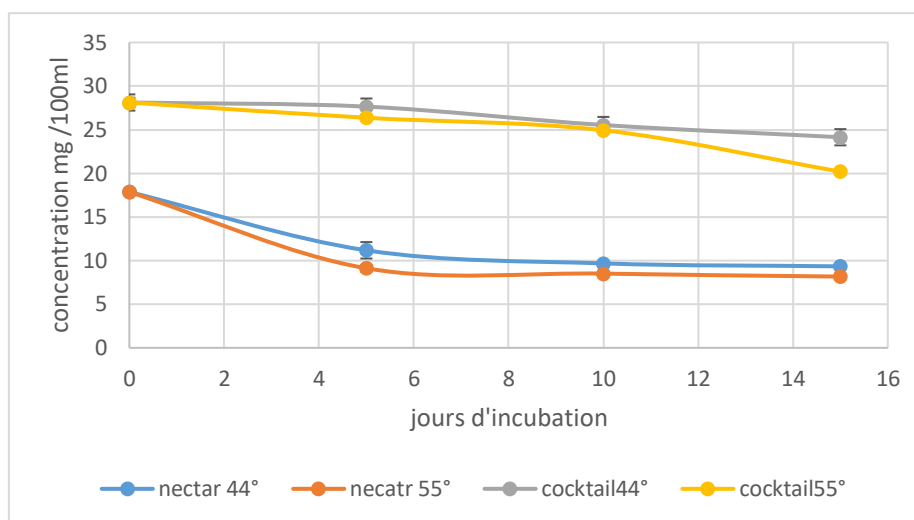


Figure 8 : Evolution de la vitamine C des échantillon (boissons cocktail de fruits et nectar de grenadine) à 44°C et 55°C.

Cette analyse révèle que la teneur en vitamine C des échantillons analysés diminue pendant le stockage d'autant plus quand le temps d'exposition au traitement thermique est plus élevé (Sizer *et al.*, 1988 ; Metlef *et al.*, 2022). Ces résultats sont en ligne avec ce qui a été rapporté par des précédentes études, dont celles de kabasakalis *et al.* (2000) de Arena *et al.* (2001) et de Burdurlu *et al.* (2006). Cette dégradation est principalement due à une combinaison de certains facteurs à savoir les conditions de stockage (température/temps), le niveau d'oxygène dissous, le résidu de H₂O₂ après stérilisation du matériel d'emballage, le chlore dissous (0.1mg/L) et les traces d'ions métalliques (Ozkan *et al.*, 2004).

Huelin *et al.* (1971) confirment que l'acide ascorbique se dégrade en milieu acide à température élevée, en présence et en absence d'oxygène. Ainsi en absence d'oxygène, ce dernier subit une déshydratation et une décarboxylation conduisant à la formation de produits intermédiaires, de gaz carbonique et de furfural. En présence d'oxygène (dissous ou présent dans l'espace libre des boîtes), une dégradation aérobie rapide a lieu, suivie d'une dégradation plus lente et anaérobie.

Il est également important de souligner que la teneur en vitamine C dans les boissons diminue aussi durant un stockage réfrigéré (Esteve *et al.*, 2005).

La réduction de l'acide ascorbique est un indicateur de qualité et de fraîcheur des boissons au jus de fruit et nectar de fruit. Selon Laorko *et al.* (2013), la durée de conservation de ces boissons fruitées peut être déterminée par la perte de 50% de la vitamine C sachant que plusieurs sous-produits issus de la dégradation de l'acide ascorbique (furaldéhyde et

hydroxyméthylfurfural) ; leur présence est considérée comme un indice de brunissement (Burdurlu *et al.*, 2006).

1.2. Activité antioxydante

Les résultats de la mesure de l'activité antioxydante effectuée sur les deux types de boissons analysées, avant et après pasteurisation et au cours de stockage à 25°C ainsi qu'au cours d'incubation à 44°C et 55°C sont représentés respectivement dans les tableaux V et VI :

Les résultats montrent la baisse significative ($p < 0,05$) de l'activité antiradicalaire après la pasteurisation allons de 71,42% à 67,08% pour la boisson cocktail de fruits et de 50,85% à 47,63% pour le Nectar de grenade. Cette diminution se poursuit au long des jours de stockage à différentes températures.

Cette diminution s'explique par la dégradation de la vitamine C sachant que l'acide ascorbique représentait entre 65 et 100 % de l'activité antioxydante globale. Ce résultat a été confirmé par **Gil-Izquierdo *et al.*, (2002)** qui ont montré que 77 à 96 % de l'activité antioxydante globale était due à la vitamine C et par **Sanchez-Moreno *et al.* (2003)** avec un pourcentage de 99%.

Les figures 9 et 10 présentent les courbes d'évolution de l'activité antioxydante des deux boissons (boisson au jus de cocktail et nectar de grenade) à (25°C) et (44°C et 55°C) respectivement.

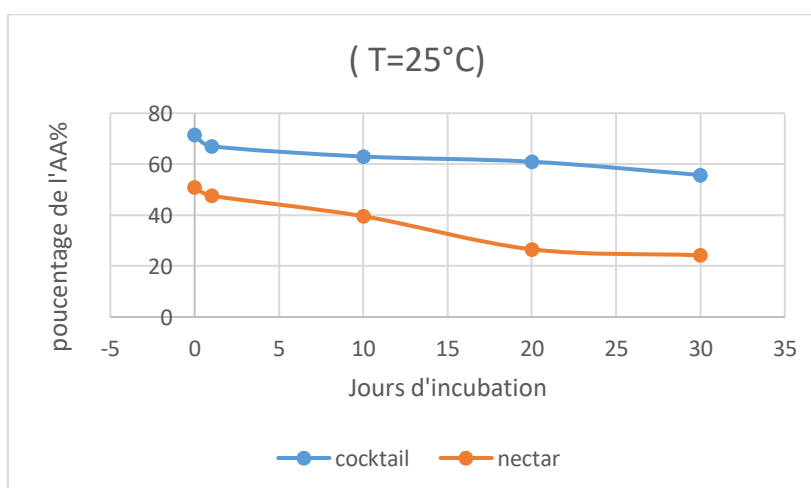


Figure 9 : Evolutions de l'activité antioxydante des échantillons, boisson cocktail de fruits et nectar de grenadine, à 25°C.

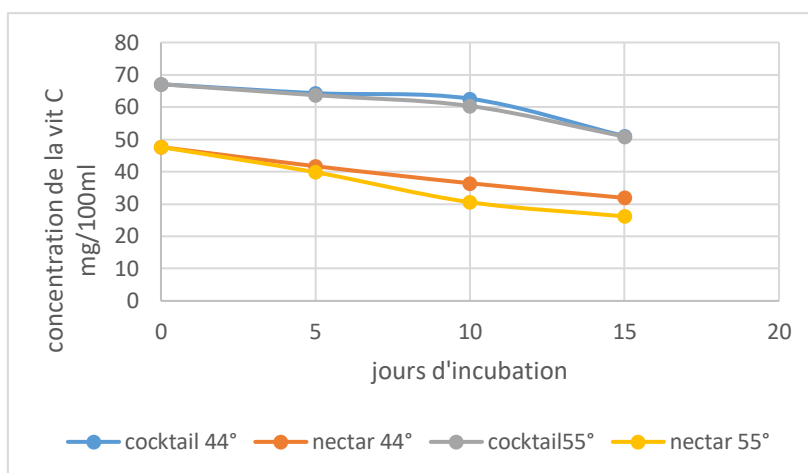


Figure 10 : Evolutions de l'activité antioxydante des échantillons, boisson cocktail de fruits et nectar de grenadine, à 44°C et 55°C.

2. Paramètres physicochimiques

L'ensemble des résultats des analyses des paramètres physico-chimiques (Acidité, pH, densité, °Brix, EST) des deux types de boissons (boissons cocktail de fruits et Nectar de grenade) avant et après stockage sont résumés dans Annexe VII.

2.1. pH

Le pH est un paramètre très important dans l'analyse de la qualité des denrées alimentaires, il permet de déterminer l'aptitude à la conservation des aliments. Il constitue l'un des principaux obstacles que la flore microbienne doit franchir pour assurer sa prolifération (**Sadler et Murphy, 2010**). C'est un facteur qui affecte également la stabilité de la vitamine C, des valeurs de pH élevées favorisent l'oxydation de la vitamine C (**Leahu et al., 2013**).

Les résultats obtenus n'ont montré aucune différence significative ($p < 0.05$) du pH pour les échantillons, boissons au cocktail de fruit (3,18) et Nectar de grenade (2,83), après 30 jours de stockage aux différentes températures testées (25, 44 et 55° C). Nos résultats concordent avec ceux obtenues par **Metlef et al. (2022)**, qui ont enregistré une valeur stable de pH pour leurs boissons même après 45 jours d'incubation à 50°C.

La figure 11 et figure 12 représente l'évolution du pH, de la boissons cocktail de fruit et nectar de grenade respectivement, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

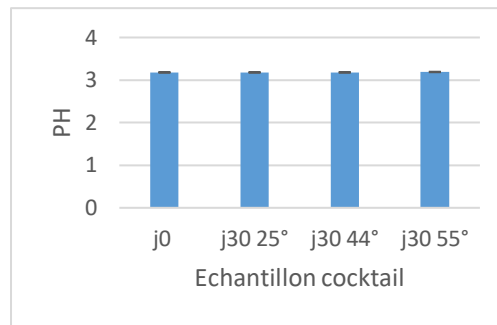


Figure 11 : Evolution du pH de la boissons cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

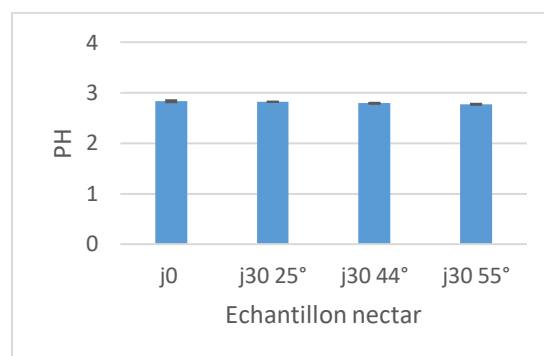


Figure 12 : Evolution du pH de la boissons nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

Le pH obtenu des différentes boissons respecte les normes établies par le **CODEX STAN 247-2005**, qui se situe entre 2,5 et 3,9. Il est important de noter que le pH des boissons dépend de positivement par plusieurs facteurs, notamment les procédés d'extraction ou de fabrication, les variétés de fruits utilisés, ainsi que leur degré de maturation (**Metlef, 2022**).

2.2. °Brix

Le degré de Brix indique le pourcentage de matière sèche soluble dans l'eau de la boisson de fruit. Il peut dépendre de nombreux facteurs dont la variété, la région de croissance et le niveau de maturité (**Turkmen et Eksi, 2011**).

L'analyse des échantillons, boisson cocktail de fruit et du nectar de grenade, révèlent des valeurs de 11,87 et 12,1 °B respectivement à la température de 25°C avant stockage. Une augmentation significative à $p < 0,05$ est observée après 30 j de stockage à 44 et 55°C pour le cocktail, atteignant une valeur de 12,3°B et à 55°C, l'augmentation notée est de 12,5°B pour le nectar de grenade.

La figure 13 et figure 14 représente l'évolution du °Brix de la boissons cocktail de fruit et nectar de grenade respectivement, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

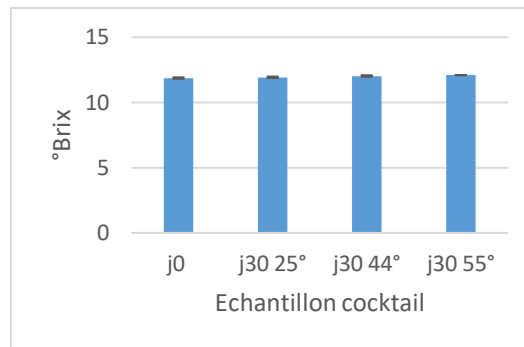


Figure 13 : Evolution du °Brix de la boissons cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

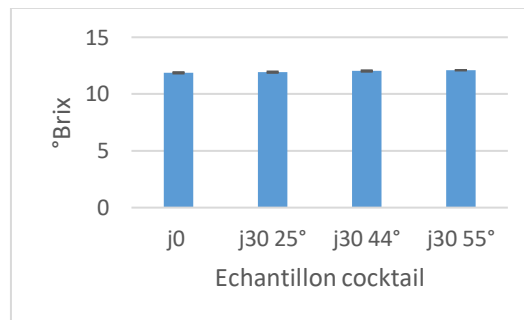


Figure 14 : Evolution du °Brix de la boissons nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

Ces résultats dépassent légèrement les normes de l'entreprise, qui ne devaient pas atteindre 12,0°B pour le cocktail et 12,2°B pour le nectar, ce qui peut être liée à la précision de l'analyse.

2.3. Acidité

D'après **Gurak et al. (2010)**, une acidité élevée dans un jus est due à la présence d'acide citrique, tartrique, et malique. Ces acides assurent l'abaissement de la valeur du pH, assurant l'équilibre entre le goût acide et sucré. L'acidité totale permet de préserver la qualité microbiologique ainsi que les propriétés organoleptiques du produit, et par conséquent de prolonger sa durée de conservation ; elle favorise également la rétention de la vitamine C (**Francois, 1994**). L'acidité est exprimée par rapport à l'acide le plus abondant de la boisson (acide citrique).

Les résultats obtenus montrent qu'il existe une variation de la valeur de l'acidité à $p < 0,05$ entre les échantillons (j0 et j30 incubé à 25°C) et les échantillons à j30 stocker à températures plus élevés (44°C et 55°C), allons de 3,42 g/l à 3,78g/l pour la boisson cocktail de fruits et de 5,12 g/l à 5,25g/l pour le Nectar de grenade.

La figure 15 et figure 16 représente l'évolution de l'acidité de la boissons cocktail de fruit et nectar de grenade respectivement, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

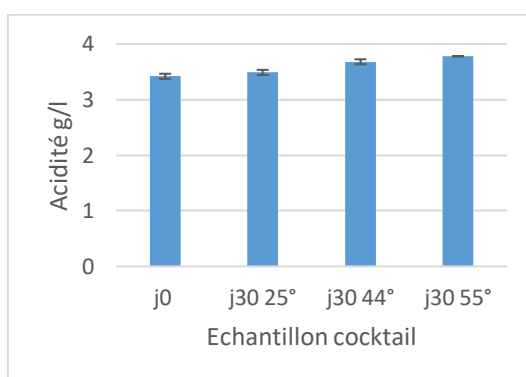


Figure 15 : Evolution de l'acidité de la boissons cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

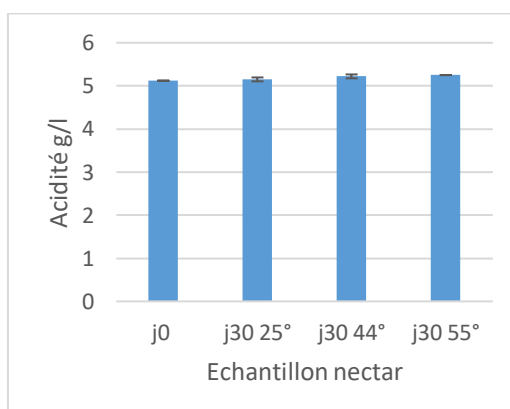


Figure 16 : Evolution de l'acidité de la boissons nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

Cette légère augmentation est due soit au traitement de pasteurisation qui pourrait être insuffisant pour détruire toute la flore acidifiante, qui pourrait entraîner un certain nombre d'altérations, malgré le traitement de pasteurisation (**Guiraud, 2003**), ou à des erreurs liées à la précision de l'analyse.

2.4. Densité

Les résultats obtenus montrent que la densité des boissons analysées reste stable aux différentes températures d'incubation pendant 30j à une valeur de 1,040.

La figure 17 et figure 18 représente l'évolution de l'acidité de la boissons cocktail de fruit et nectar de grenade respectivement, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

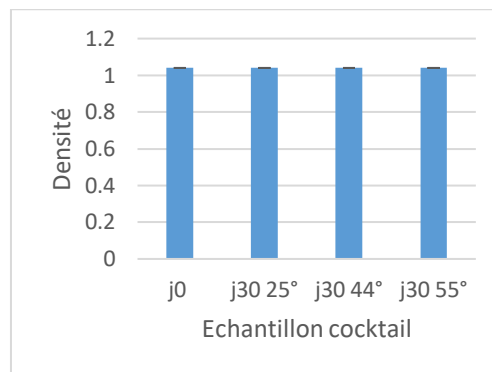


Figure 17 : Evolution de la densité de la boissons cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

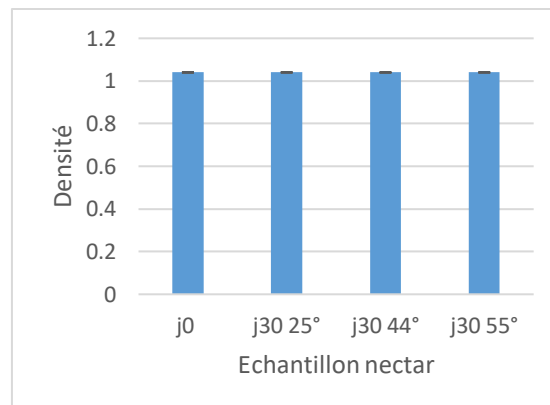


Figure 18 : Evolution de la densité de la boissons nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

Cette valeur est proche de celles citées par **Lea (1995)** qui a trouvé des valeurs de densité des jus de fruits de 1,025-1,033. D'autre part, les normes AFNOR et celle de l'entreprise (tchin-lait) recommandent une valeur de 1,040-1,045 pour les types de boissons analysées, ce qui indique la conformité de nos résultats.

2.5. Extrait sec

L'extrait sec total ou la matière sèche totale représente l'ensemble des substances dissoutes ; ce critère est important pour juger les valeurs alimentaires totales des boissons (**Benamara et Agougou 2003**).

La figure 19 et figure 20 représente l'évolution de l'extrait sec de la boissons cocktail de fruit et nectar de grenade respectivement, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

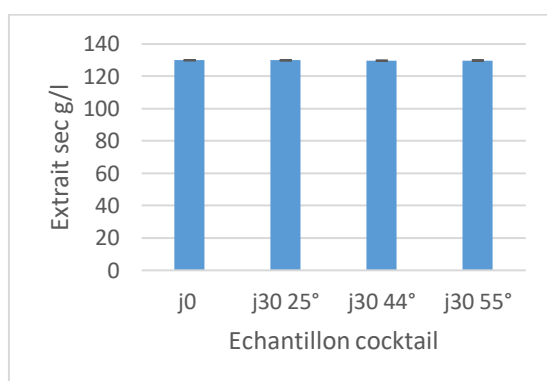


Figure 19 : Evolution de l'extrait sec de la boissons cocktail de fruits, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

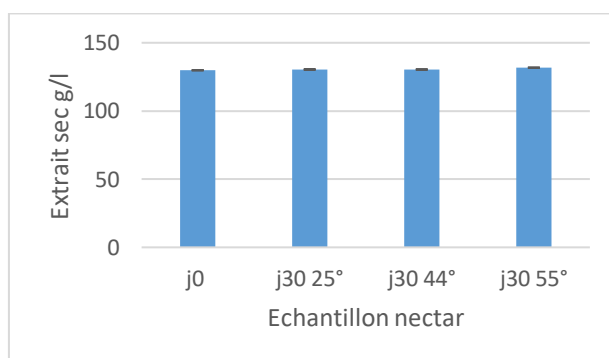


Figure 20 : Evolution de l'extrait sec de la boissons nectar de grenade, avant et après 30 jours de stockage à 25°C, 44°C et 55°C.

Aucune différence significative ($p < 0,05$) n'a été observée dans l'extrait sec du Cocktail, contrairement au Nectar où une légère augmentation a été remarquée et cela est probablement liée à la précision de l'analyse. Ces résultats ne restent pas dans l'intervalle tolérer de l'entreprise ($124 < 124,8 < 125,5$ pour le Cocktail et $126 < 127,4 < 129$ pour le Nectar).

3. Analyses microbiologiques

Selon la norme **iso 7218. (2007)** : le calcul du nombre d'UFC par ml dans ce cas est retenu seulement en présence de plus de 10 colonies par boîte. Dans notre cas le nombre de colonie observé est minime pour être calculé. Les résultats du contrôle microbiologique de la boisson cocktail de fruits et nectar avant et après incubation sont résumés dans le tableau VII :

Tableau VII : Résultats de l'analyses microbiologique des deux boissons analysées :

Analyses	Jours	J0	J30		
	Température Echantillon	25°	25°	44°	55°
Cocktail	Levures	Absence	Absence	Absence	Absence
	Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence
Nectar	Levures	Absence	Absence	Absence	Absence
	Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence

Les levures apparaissent comme les micro-organismes d'altération généralement mis en cause dans la majorité des aliments et des boissons ayant une teneur élevée en sucre et un pH bas notamment d'origine végétale (**Guiraud, 2003**).

Les résultats représentent une absence totale de levures dans le produit fini, avant et après l'incubation à différentes températures.

En ce qui concerne la recherche des moisissures, les résultats obtenus pour les quatre échantillons montrent aussi l'absence de moisissure dans le produit fini, avant et après l'incubation à différentes températures.

D'après cette analyse microbiologique, on peut conclure que l'incubation à différentes températures au cours des jours n'affecte pas la qualité microbiologique des deux boissons.

Nos résultats corroborent ceux de **Iqbal et al. (2016)** et **Mazrou et al. (2020)** qui ont confirmé l'absence totale de levures et de moisissures dans un jus d'orange et également dans des boissons gazeuses et des jus de fruits respectivement. Ceci est dû à l'efficacité du traitement thermique appliqué.

Conclusion et perspectives

Les résultats obtenus montrent que la pasteurisation à 90°C pendant 30 secondes n'a pas entraîné de diminution significative de la teneur en vitamine C des boissons analysées. Cependant, cette dernière a diminué de manière significative pendant l'incubation à différentes températures (25°C, 44°C, 55°C). Cette dégradation est accélérée par des températures plus élevées, confirmant que la chaleur est un facteur crucial dans la dégradation de la vitamine C.

En ce qui concerne l'activité antioxydante, une diminution significative a été observée après la pasteurisation et au cours de l'incubation, soulignant le rôle prépondérant de la vitamine C dans les propriétés antioxydantes des boissons.

La qualité des paramètres physicochimiques (pH, °Brix, EST, acidité, densité) et microbiologiques n'ont pas significativement été affectés au cours du stockage, cependant la dégradation de la vitamine C est susceptible de former des composés indésirables et qui affectent la qualité organoleptique des boissons. Ainsi la stabilité de la vitamine C est essentielle pour garantir la consommation sécuritaire et agréable des boissons au jus de fruits et nectars de fruits.

Cette étude suggère que la pasteurisation est une méthode efficace pour la conservation des boissons au jus de fruits sans affecter significativement leur teneur en vitamine C, à condition de bien contrôler les conditions de stockage et d'éviter les températures élevées pour prolonger la durée de conservation de la vitamine C et ainsi celle de la boisson tout en garantissant la préservation de ses propriétés nutritionnelles et sensorielles.

En perspective, il serait ultérieurement intéressant d'effectuer des analyses sensorielles sur le produit, des études supplémentaires sur l'impact des ions métalliques et du chlore dissous sur la dégradation de la vitamine C dans différentes matrices de boissons et d'optimiser les conditions d'analyses pour apporter plus de précision aux résultats et minimiser les pertes en facteurs nutritionnelles.

Références
bibliographiques

- Apab (Association des Producteurs Algériens de Boisson).** (2011). Guide des bonnes pratiques d'hygiènes, industries algériennes des jus de fruit, nectars et produit dérivés. 155 pages.
- Arctander, S.** (1969). *Perfume and Flavor Chemicals*. Ed. Montclair, 367 pages.
- Berlinet, C.** (2006). Étude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Thèse de doctorat, Ed. ENSIA, 286 pages.
- Benaïche, A.** (2001). La flash-pasteurisation des boissons au jus de fruits. *Techniques de l'ingénieur*, 21(4), 112-120.
- Benamara, M., & Agougou, A.** (2003). Préparation des boissons au jus de fruits: Méthodes et procédés. *Revue des sciences alimentaires*, 8(2), 23-29.
- Bourgeois, C.** (2003). Propriétés physico-chimiques et stabilité de la vitamine C. *Science des aliments*, 13(1), 35-42.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Brest, C.** (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 28, 25-30.
- Burjurlu, H., Karadeniz, F., & Koca, N.** (2006). Dégradation de la vitamine C pendant le stockage de jus d'orange. *Journal of Food Science*, 71(3), C307-C311.
- Carr, A., & Maggini, S.** (2017). Vitamin C and immune function. *Nutrients*, 9(11), 1211.
- Charles, Y. J., & Darrigol, J. L.** (1987). *Guide pratique de diététique familiale*. Édité par Dangles.
- Chen, C. S., Shaw, P. E., & Parish, M. E.** (1993). Pasteurisation des jus de fruits: Impact sur les propriétés organoleptiques et nutritionnelles. *Food Technology*, 47(11), 102-109.
- Dila (Direction de l'Information Légale et Administrative).** (2013). Recueil de recommandations de bonnes pratiques d'hygiène à destination des consommateurs. 94 pages.
- De Kesel, M., Hautier, P., Tinant, B., & Vander Borgh, C.** (2006). *Didactique spéciale en sciences naturelles*. Facultés des sciences, Université Catholique de Louvaine, Belgique, 215 pages.
- Esteve, M. J., Frígola, A., Rodrigo, C., & Rodrigo, D.** (2005). Les effets de la réfrigération sur la teneur en vitamine C des jus de fruits. *Food Chemistry*, 97(3), 654-660.
- Fredot, E.** (2005). *Connaissance des aliments, base nutritionnelle de la diététique*. TECDOC édition médicales internationales, p. 337.
- Gachot, H.** (1955). *Manuel des jus de fruits*. Edition PH Heitz. Strasbourg. Edition, Fédération des gouverneurs, Canada.
- Giannakourou, M.** (2021). Influence de la température sur la dégradation de la vitamine C. *Food Science and Technology International*, 17(2), 128-135.

- Gil-Izquierdo, A.** (2002). Stability of vitamin C in orange juice during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2183-2189.
- Guiraud, J. P.** (2003). *Microbiologie alimentaire. Techniques et Documentation*, 45-78.
- Hughes, R. E.** (1975). James Lind and the Cure of Scurvy: An Experimental Approach. *Med Hist*, 19(4), 342-351.
- Iqbal, K., Khan, A., & Khattak, M. M. A. K.** (2004). Biological Significance of Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health—A Review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 3(1), 5-13.
- Kennedy, J. F., Rivera, Z. S., Lloyd, L. L., Warner, F. P., & Jumel, K. L.** (1992). Ascorbic acid stability in aseptically processed orange juice in Tetra Brik cartons and the effect of oxygen. *Food Chemistry*, 327-331.
- Lee, H. S., Castle, W. S., & Coates, G. A.** (2006). Effect of chlorine on vitamin C stability in citrus juice. *Journal of Food Science*, 71(8), C507-C512.
- Lecerf, J.-M., & Ragot, B.** (2006). *Mieux nourrir mon enfant : conseiller plaisir, éducation et santé.* éd. Ouvrier, Paris, p. 119.
- Lea, A. G. H.** (1995). Apple juice. In: Ashurst, P. R. (Ed.) *Production and Packaging of Non-Carbonated Fruit Juices and Fruit Beverages.* Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Mansour, R., & Aljoubbehmalak, M.** (2014). The effect of Storage Time and Humidity on Vitamin C level in Infant's baby milk powder after opening the package.
- Mazrou, S., Messaoudi, M., Begaa, S., Innocent, C., & Akretche, D.** (2020). Clarification of the Algerian grape juice and their effects on the juice quality. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 34(1), 1-11.
- Metlef, M., Benmouffok, Z., & Khodja, N.** (2022). Impact de la pasteurisation sur la vitamine C des jus de fruits. *Journal algérien de la nutrition et des sciences alimentaires*, 14(1), 45-54.
- Murat, J.** (2009). Techniques de pasteurisation des jus de fruits. *Revue des sciences agroalimentaires*, 22(2), 156-165.
- Nout, R., Van Boeket, T., & Hounhouigan, J.** (2003). *Les aliments : transformation, conservation et qualité.* Ed. BACKUYS, p. 39.
- Rodier, J.** (2005). *L'analyse de l'eau.* 8eme édition. DUNOD. Paris, p. 57.
- Sanchez-Moezno, C., Plaza, L., De Ancos, B., & Cano, P.** (2003). Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 430-439.
- Shinoda, Y., Murata, M., Homma, S., & Komura, H.** (2004). Browning and model products of model orange juice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 529-536.

Sizer, C. E., Pan, J. Y., & Chang, S. (1988). La qualité de l'eau utilisée dans la fabrication des boissons. *Food Technology*, 42(10), 88-94.

Yuan, J. P., & Chen, F. (1998). Degradation of ascorbic acid in aqueous solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(12), 5078-5082.

Zulfiqar, A. A., Martin-Kleisch, A., El Adli, A., Andres, E., Vogel, T., Kadri, N., & Doucet, J. (2016). Carence en vitamine C : y penser chez le sujet âgé fragile. *Nutrition Clinique et Métabolisme*, 30(2), 198-200.

Lucia Meier. (2023). Ascorbic Acid. *Chemical Safety Facts*. Retrieved from <https://www.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/ascorbic-acid/>.

Annexes

Annexe I : Présentation de l'entreprise :

1. Historique :

Tchin-Lait est une société privée de droit Algérien, située à l'entrée de la ville de Bejaia. Elle a été fondée par M. Fawzi BERKATI en 1999, implantée sur l'ancien site de la limonaderie Tchin-Tchin qui était à l'origine, une entreprise familiale de production régionale de boissons gazeuses dans les années 1950. C'est face à l'explosion des grandes firmes multinationales sur le marché des boissons gazeuses, l'importation des grandes marques de boissons gazeuses en Algérie a créé une importante concurrence que la société a révisée sa stratégie d'où l'idée de reconversion vers le lait UHT qui a donné naissance à Tchin Lait sous label « Candia ». Le 18 avril 2001, jour pour jour, Tchin Lait a signé un contrat de partenariat avec le leader Candia.

2. Site :

Tchin-Lait produit et commercialise le lait longue conservation UHT (Ultra Haute Température) sous le label Candia, depuis mai 2001. En 2015, Générale Laitière Jugurtha, deuxième site de production, dont le siège est à Baraki (Alger). En novembre 2017, fusion des deux sociétés, Tchin-Lait et Générale Laitière Jugurtha en société par actions, dénommées « SPA Tchin-Lait ». Cette laiterie moderne construite sur une superficie totale de 3000 m², les installations des machines ont été effectuées par la société française Tétra pack. L'unité est dotée d'un équipement ultra moderne de très grande capacité sous la marque Candia.

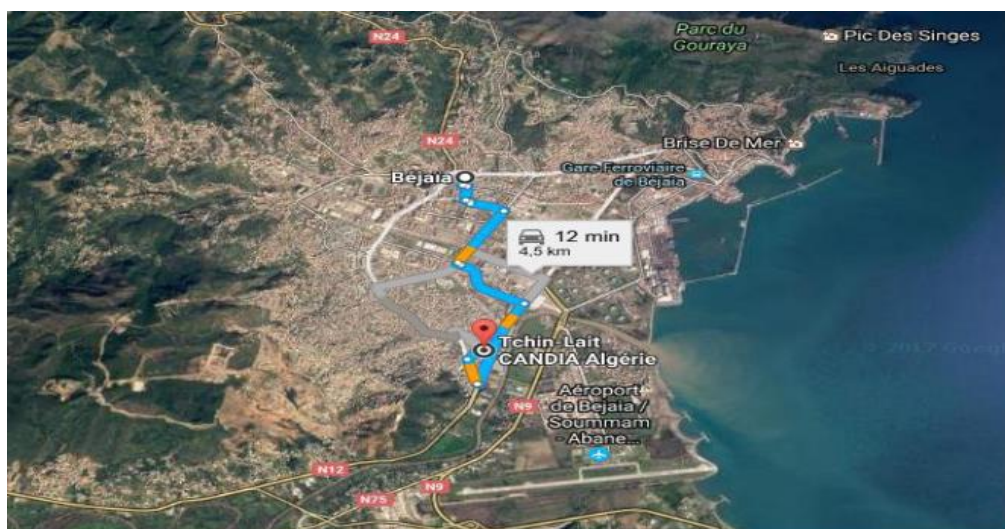


Figure 01 : Position géographique de l'entreprise Tchin-Lait/Candia.

3. Organisation de l'unité :

L'organigramme de cette unité est présenté dans la figure 02. Elle emploie 250 personnes et produit tout une gamme de produits à savoir le lait stérilisé à ultra haute température (UHT)

- Lait demi écrémé ;
- Lait entier ;
- Lait écrémé ;
- Lait et jus (Orange 3ananas, pêche 3 abricot, fruit des bois) en format d'un litre et en petit format de 200 ml.
- Lait chocolaté en grand formât de 01 litre et en petit formât de 200 ml (Candy choco)
- Lait aromatisé à la fraise (Candy fraise).

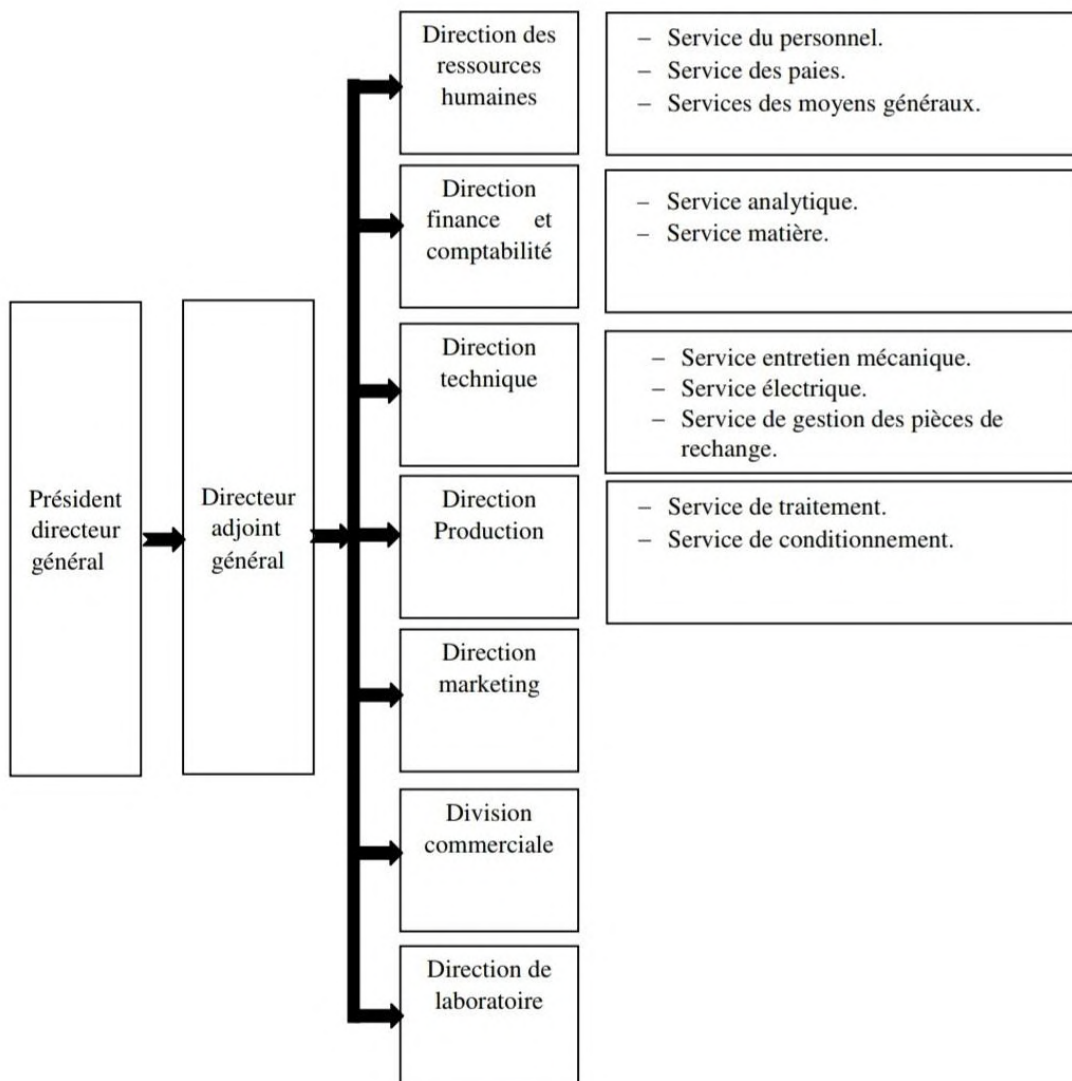
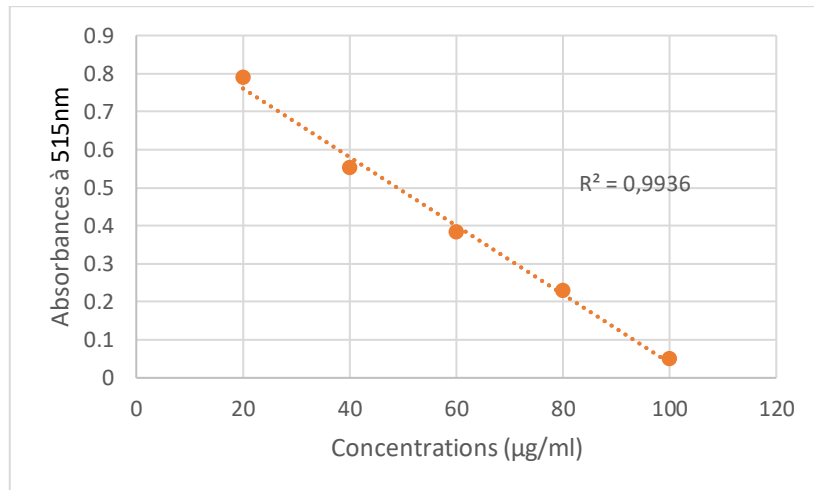
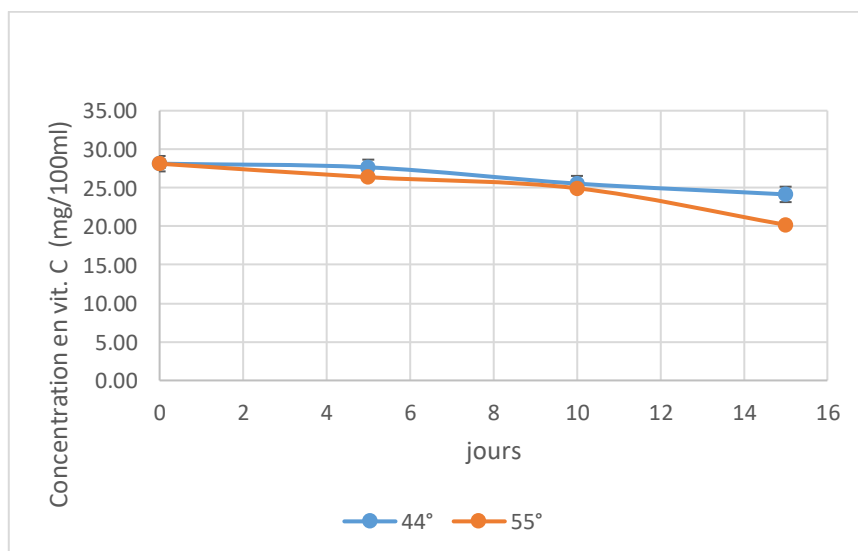
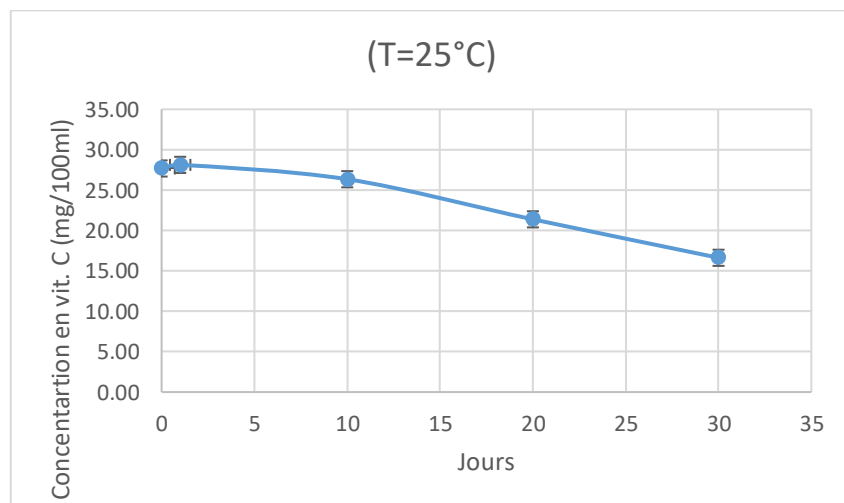


Figure 02 : Organigramme de l'entreprise « Tchén lait-Candia ».

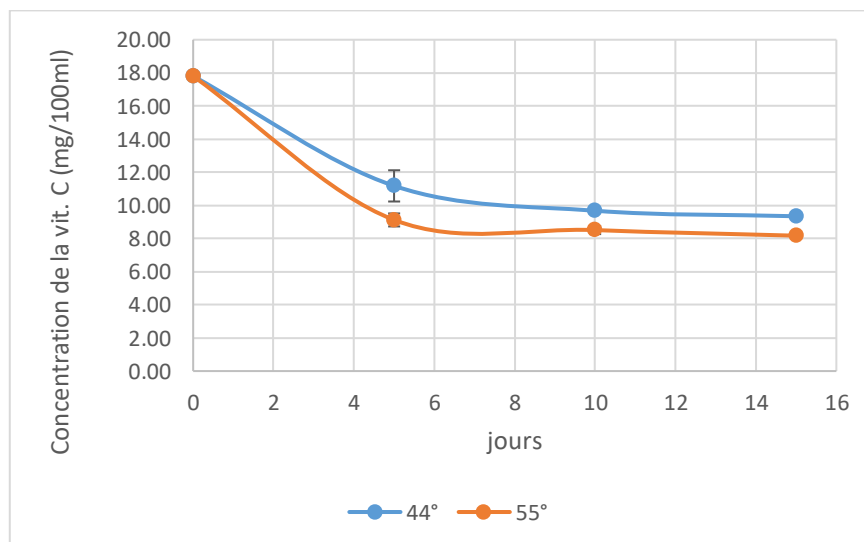
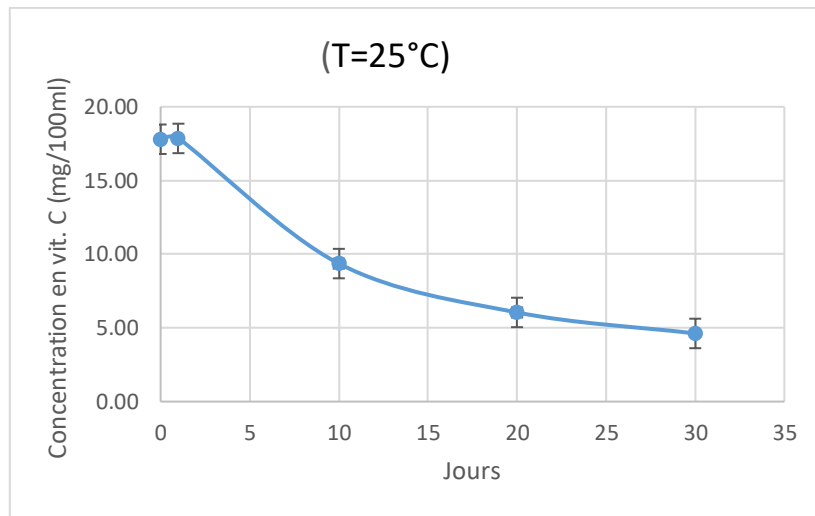
Annexe II : Courbe d'étalonnage de dosage de la vitamine C.



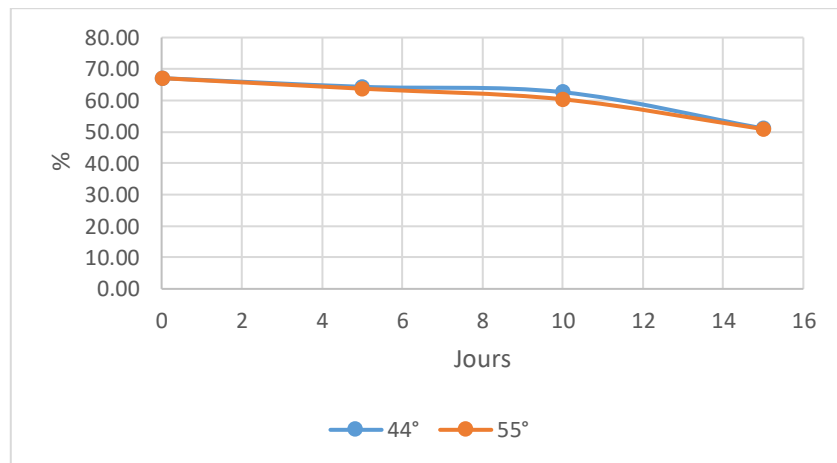
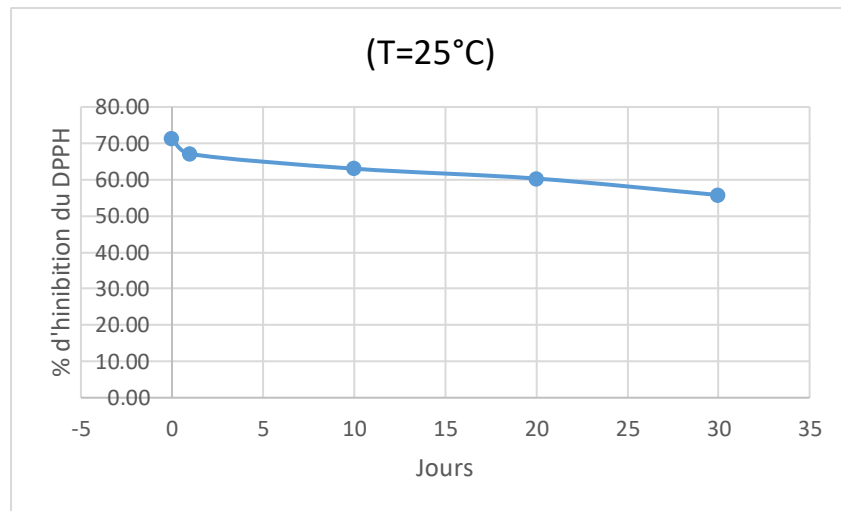
Annexe III : Courbes de l'évolution de la vitamine C de la boisson cocktail de fruits à différentes températures d'incubation.



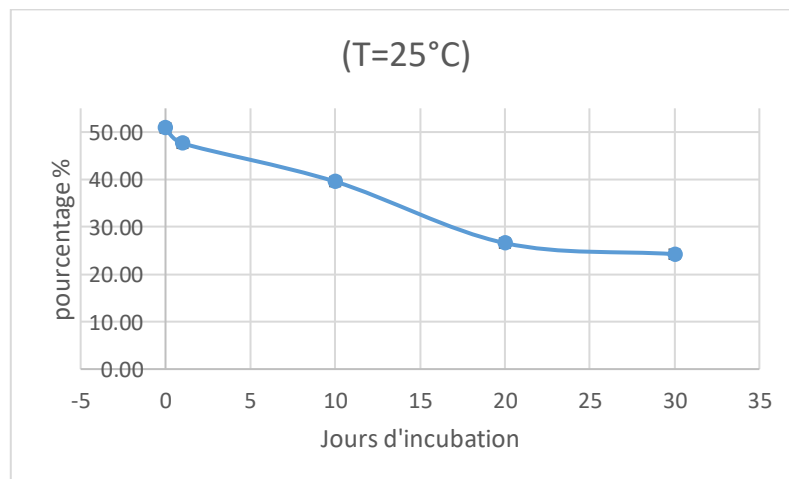
Annexe IV : Courbes de l'évolution de la vitamine C du Nectar de grenadine à différentes températures d'incubation.

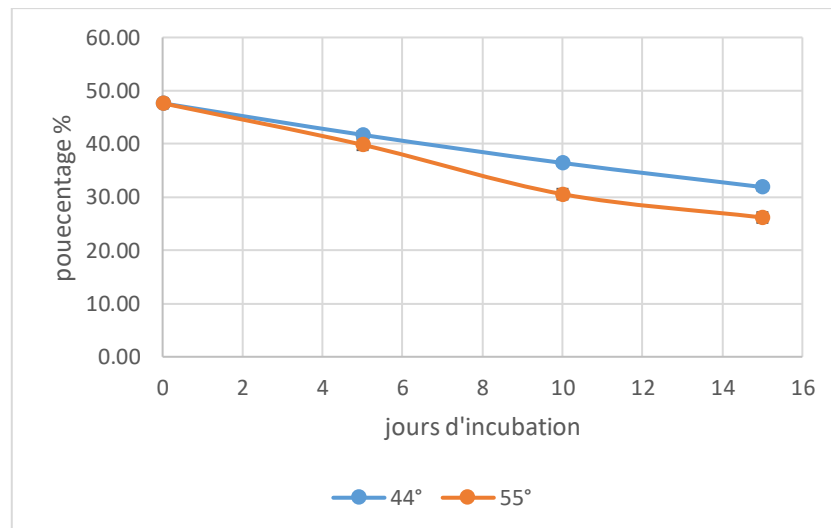


Annexe V : Coubes de l'évolution de l'activité antioxydante de la boisson cocktail de fruits à différentes températures d'incubation



Annexe VI : Coubes de l'évolution de l'activité antioxydante du Nectar de grenadine à différentes températures d'incubation :



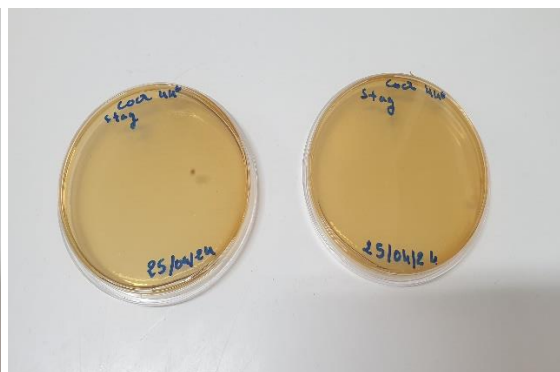
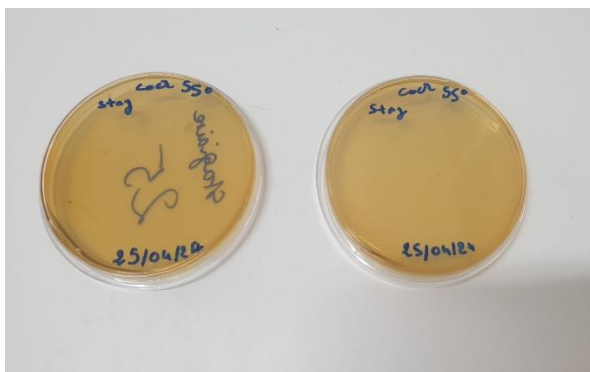
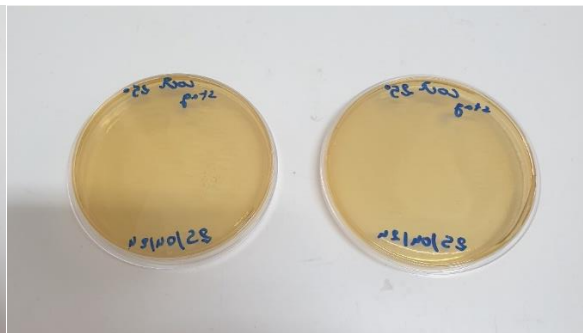
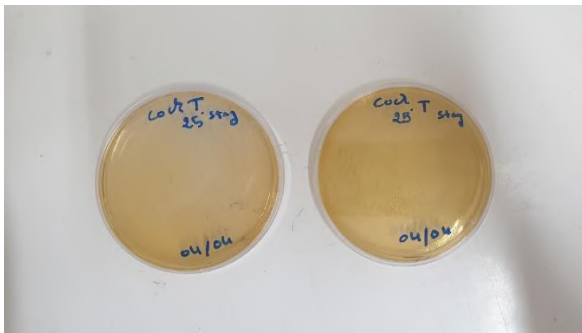
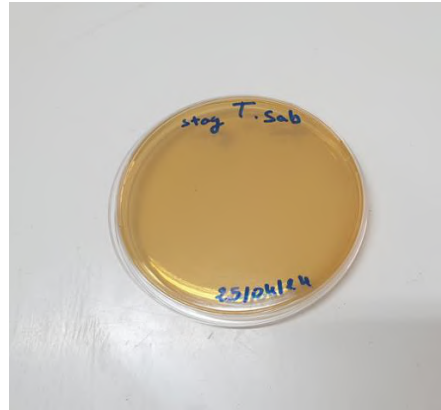


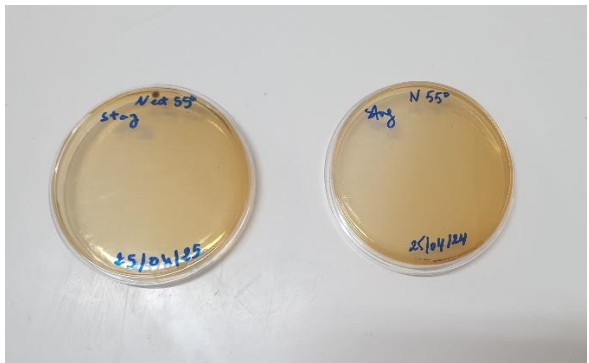
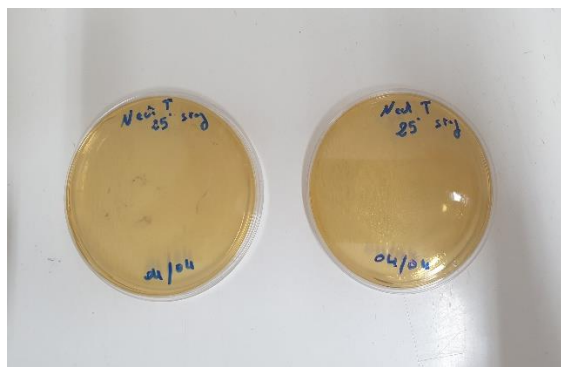
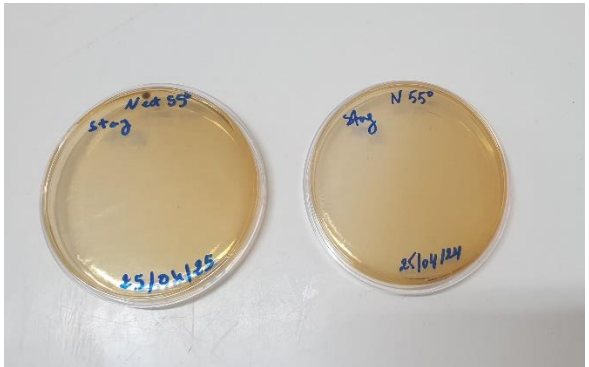
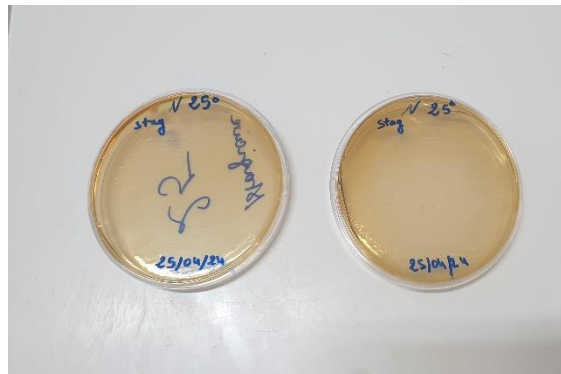
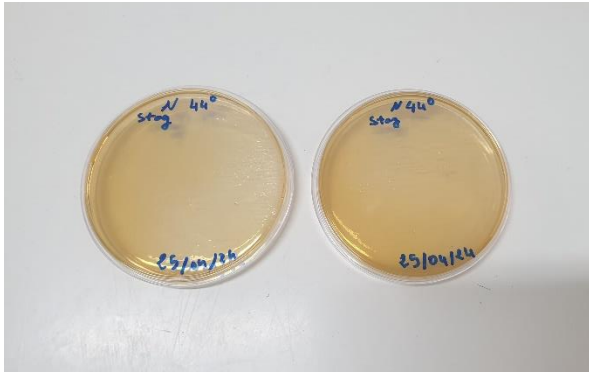
Annexe VII : Paramètres physico-chimiques des deux boissons avant (jour 0) et après incubation (jour 30) :

Analyses	Jours	J0	J30		
	Température		25°	44°	55°
	Echantillon	25°	25°	44°	55°
Acidité	Cocktail	3,42±0,05 ^b	3,49±0,05 ^b	3,68±0,05 ^a	3,78±0,00 ^a
	Nectar	5,12±0,00 ^b	5,15±0,05 ^b	5,22±0,05 ^a	5,25±0,00 ^a
Ph	Cocktail	3,18±0,00 ^a	3,18±0,01 ^a	3,18±0,01 ^a	3,19±0,01 ^a
	Nectar	2,83±0,02 ^a	2,82±0,00 ^a	2,79±0,01 ^a	2,77±0,01 ^a
Densité	Cocktail	1,04±0,00	1,04±0,00	1,04±0,00	1,04±0,00
	Nectar	1,04±0,00	1,04±0,00	1,04±0,00	1,04±0,00
Brix	Cocktail	11,87±0,06 ^b	11,93±0,06 ^b	12,03±0,06 ^a	12,1±0,00 ^a
	Nectar	12,1±0,00 ^b	12,17±0,06 ^b	12,2±0,10 ^b	12,5±0,00 ^a
EST	Cocktail	129,96±0,15 ^a	129,91±0,22 ^a	129,7±0,22 ^a	129,8±0,22 ^a
	Nectar	129,81±0,15 ^c	130,4±0,30 ^{b c}	130,38±0,00 ^b	131,75±0,15 ^a

a et b : représente les différence significative à $p < 0.05$. $a > b$

Annexe VIII : Ensemble des résultats de l'analyse microbiologique de la boisson cocktail de fruits et Nectar de grenadine





Résumé :

Ce travail a pour objectif d'étudier l'effet de la température et de la durée de conservation sur la teneur en vitamine C de deux boissons. Pour cela, des analyses de dosage de la vitamine C et d'évaluation de l'activité antioxydante ont été réalisées sur les boissons semi-finies (avant pasteurisation) et finies. L'évaluation a également été effectuée sur des échantillons de boissons soumis à des températures de 25°C, 44°C et 55°C afin d'analyser la teneur en vitamine C, l'activité antioxydante, ainsi que les paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

Les résultats montrent que la pasteurisation à 90°C pendant 30 secondes n'affecte pas significativement la vitamine C, mais sa dégradation augmente avec l'augmentation de la température et du temps d'exposition. L'activité antioxydante diminue tout au long de l'analyses.

Les paramètres physicochimiques et microbiologiques not pas été affecter significativement, cependant la diminution de la vitamine C et de l'activité antioxydante compromettre la perception de fraîcheur et de qualité du produit. La stabilité de la vitamine C est donc essentielle pour garantir que les boissons restent sûres et agréables à consommer.

Mots clé : Vitamine C, boissons, effet de la température, activité antioxydante, paramètres physico-chimiques.

Abstract :

This study aims to investigate the effect of temperature and storage duration on the vitamin C content of two beverages. To achieve this, vitamin C content analysis and antioxidant activity evaluation were conducted on semi-finished (before pasteurization) and finished beverages. The evaluation was also carried out on beverage samples subjected to temperatures of 25°C, 44°C, and 55°C to analyze vitamin C content, antioxidant activity, as well as physico-chemical and microbiological parameters.

The results show that pasteurization at 90°C for 30 seconds does not significantly affect vitamin C, but its degradation increases with higher temperature and longer exposure time. Antioxidant activity decreases throughout the analysis. The physico-chemical and microbiological parameters were not significantly affected; however, the decrease in vitamin C and antioxidant activity compromises the perception of freshness and quality of the product. The stability of vitamin C is therefore essential to ensure that beverages remain safe and pleasant to consume.

Keywords : Vitamin C, beverages, effect of temperature, antioxidant activity, Physico-chemical parameters.