

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA – Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Microbiologie
Spécialité Biotechnologie Microbienne



Réf :.....

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

Thème

**Etude comparative entre la Flash
pasteurisation (dans le PET) et la
pasteurisation tunnel (dans le verre) du jus
Tchina de Cevital**

Présenté par :
AMIMEUR Yanis & AKOURA Moussa

Soutenu le : **14/09/2022**

Devant le jury composé de :

Mme LAINCER.F	MCA	Présidente
Mme SOUAGUI.S	MCB	Promotrice
Mr TAKHEROUBT.B	INGENIEUR R&D Cevital	Co-promoteur
Mme CHIBANE.N	MCB	Examinatrice

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciement

Nous tenons à remercier Dieu qui nous 'a donné le courage pour réaliser ce Modeste travail et le mener jusqu'au bout.

Du plus profond de notre cœur, nous tenons à remercier Mme Souagui, notre promotrice et Mr Takheroubt, notre Co – promoteur, pour avoir suivi et orienté ce travail.

Nos vifs remerciements vont aux membres du jury.

À la responsable du département de qualité à CEVITAL unité d'Elkseur

Madame OUATAH Siham

Aux ingénieurs du laboratoire : Fayçal, Amine, Nassim, Mouloud, Marieme et Sonia. Ainsi qu'à toute l'équipe du laboratoire de qualité.

On adresse également notre profonde gratitude à : Mr Rachid et

Mr Fateh, équipe de Recherche et Développement des boissons à CEVITAL unité d'Elkseur.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos très chers parents que nous remercions infiniment pour leur encouragement et leur soutien ; merci d'être là à nos côtés et que Dieu vous garde.

Nos très chères sœurs et leurs époux.

Nos très chers frères et leurs épouses.

Nos oncles et leurs épouses.

Nos tantes et leurs époux.

Nos cousins et cousines.

A tous nos très chers amis et collègues.

Ceux qui nous sont très chers et qui nous ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Merci à tous

Moussa et Yanis

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

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

Synthèse bibliographique

I. Rappel sur les traitements thermiques.....	3
I.1 Les différents traitements thermiques.....	3
I.1.1 Stérilisation.....	3
I.1.2 La pasteurisation	4
I.1.3 Le blanchiment.....	4
I.1.4 Appertisation	4
II. Etude du cas « pasteurisation »	5
II.1 Invention de la pasteurisation	5
II.2 Définition de la pasteurisation	5
II.3 Les paramètres de la pasteurisation (cinétique de destruction des microorganismes).....	5
II.3.1 Le temps de réduction décimal.....	5
II.3.2 Le taux de réduction décimale.....	6
II.3.3 La valeur pasteurisatrice.....	6
II.3.4 Unités de pasteurisation.....	7
II.3.5 Temps au-dessus de la température.....	8
II.4 Types de pasteurisation.....	8
II.4.1 La pasteurisation flash	8
II.4.1.1 Champs d'applications	9
II.4.2 Tunnel de pasteurisation.....	10
II.4.2.1 Avantages de la pasteurisation tunnel.....	11
III. Le jus du fruit	11
III.1 Les différents types de jus de fruits	11
III.1.1 Le nectar de fruits	11
III.1.2 Boissons aux fruits	11
III.1.3 Les Jus de fruit concentrés.....	12
III.1.4 Les Purs Jus, obtenus à partir de fruits	12
III.1.5 Les Jus de fruits déshydratés	12

Matériel et méthode

I. Echantillonnage.....	13
-------------------------	----

I.1	Prélèvement des produits au cours de fabrication (PET).....	13
I.2	Prélèvement des produits finis (PET)	14
I.3	Prélèvement des produits au cours de fabrication (RB)	14
I.4	Prélèvement des produits finis (RB).....	14
II.	Analyses physicochimiques	15
II.1	Détermination du pH	16
II.2	Détermination de l'acidité titrable	16
II.3	Détermination de Brix	16
II.4	Détermination de l'Activité de l'eau (aw).....	17
II.5	Détermination de la viscosité.....	18
III.	Analyse microbiologique.....	18
III.1	Recherche et dénombrement des levures et les moisissures.....	19
III.2	Recherche et dénombrement les bactéries aérobies.....	19
III.3	Recherche et dénombrement des bactéries lactiques	19
IV.	Suivi pasteurisation des lignes RB et PET (tunnel et flash pasteurisation).....	19

Résultat et discussion

I.	Analyses physicochimique des échantillons de la ligne PET	20
I.1	Le pH	20
I.2	L'acidité titrable.....	21
I.3	Brix	22
I.4	Activité de l'eau (AW)	22
I.5	La viscosité	23
II.	Analyse physicochimique des échantillons de la ligne RB (verre).....	24
III.	Analyse microbiologique des produits au cours de fabrication et le produit fini de la ligne (PET)	26
III.1	Les produits au cours de fabrication	27
III.1.1	Recherche et dénombrement des levures et les moisissures.....	27
III.1.2	Recherche et dénombrement des bactéries lactiques.....	27
III.1.3	Recherche et dénombrement des bactéries aérobies.....	27
III.2	Le produit fini	27
IV.	Analyse microbiologique au cours de fabrication et le produit fini de la ligne RB (verre)	28
IV.1	Recherche et dénombrement des levures et moisissures	28
IV.2	Recherche et dénombrement des bactéries lactiques	29
IV.3	Recherche et dénombrement des bactéries aérobies.....	29
V.	Paramètres des traitements thermiques	29

VI. Calcule du nombre d'unités de pasteurisation	31
Conclusion	33

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des abréviations

Log : logarithme décimal

UFC : Unité Formant Colonie

UHT : Ultra Haute Température

D_{θ} : temps de réduction décimal

θ : Température létale

K_{θ} : Constante de vitesse

D_{θ} : Température de réduction décimale

N_0 , N : nombre de micro-organismes

Min : Minute

E : efficacité pasteurisatrice (taux de réduction décimale)

n : Taux de survivants

V_p : Valeur Pasteurisatrice

T : Température

Tréf : Température de référence

$^{\circ}\text{F}$: Degrés Fahrenheit

DLC : Date Limite de Consommation

Z : Facteur de réduction décimale

UP : Unité de Pasteurisation

TAT : Temps Au-dessus de la Température

HTST: High Temperature Short Time (Haute temperature courte durée)

SPA : Société Par Actions

PET : Polyéthylène téréphtalique

RB : Returnable bottle

N : Normalité

A : Acidité titrable

g/l: Gramme par Litre

Aw: Activity Water

YGC: Yeast extract Glucose Chloramphenicol

PCA: Plate Count Agar

MCL : McClusky

S. Avp : Sirop avant pasteurisation

S. App : Sirop après pasteurisation

PM : Produits Mixeur

PF : Produits Fini

°B : Degré Brix

Cp : Centipoise

CMC : Carboxyméthylcellulose

RB.Avp : Bouteille avant pasteurisation

RB.App : Bouteille après pasteurisation

Liste des tableaux

Tableau I: Les différentes techniques de stérilisation.....	3
Tableau II: Les différentes techniques de pasteurisation.....	4
Tableau III: Résultats des analyses physicochimiques du produit au cours de fabrication et produit fini de la ligne (RB).	25
Tableau IV: Résultats des analyses microbiologiques des échantillons analysés dans la ligne PET.	26
Tableau V: Résultats des analyses microbiologique des échantillons analysés dans la ligne RB.....	28
Tableau VI : Détermination de nombre d'unité de pasteurisation (flash et tunnel) appliquée aux deux lignes de production du jus Tchina (RB, PET).	32

Liste des tableaux en l'annexe

Tableau I: Résultats des analyses physicochimiques des produits au cours de fabrication et produit fini de la ligne (PET).	
Tableau II: Les barèmes des différents traitements thermiques couples (temps température) de la pasteurisation tunnel et flash.	
Tableau III : Les normes des paramètres physico-chimique des produits fini du jus Tchina des lignes PET et RB.	

Liste des figures

Figure 1: Photographie d'une installation de la pasteurisation flash.....	8
Figure 2 : La configuration d'un processus de pasteurisation flash.....	9
Figure 3: Tunnel de pasteurisation	10
Figure 4: photographie des différents échantillons prélevés pour les analyses.....	15
Figure 5: Réfractomètre.....	17
Figure 6: AW-mètre	17
Figure 7: Viscosimètre	18
Figure 8: Résultats des analyses du pH des produits au cours de fabrication et produits fini du linge (PET).	20
Figure 9: Résultats des analyses de l'acidité des produits au cours de fabrication et le produit fini de la ligne (PET).....	21
Figure 10: Résultats des analyses du Brix des produits au cours de fabrication et produits fini du linge (PET).....	22
Figure 11: Résultats des analyses d'activité de l'eau des produits au cours de fabrication et le produit fini	23
Figure 12: Résultats des analyses de la viscosité des produits au cours de fabrication et produits fini du linge (PET).....	24
Figure 13: Résultats d'analyse microbiologique des levures et moisissures sur le milieu YGC de la ligne RB.....	28
Figure 14: Résultats d'analyse microbiologique des bactéries lactiques sur le milieu MCL de la ligne RB	29
Figure 15: Résultats d'analyse microbiologique des bactéries aérobies sur le milieu PCA de la ligne RB	29
Figure 16: Différentes étapes de traitement thermique	30

Liste des figures en l'annexe

Figure 1: Carte géographique de la position de ce vital unité De-Elkseur

Introduction

Introduction

Le traitement thermique des aliments a une longue histoire et reste l'une des plus importantes méthodes de conservation. La stabilisation par traitement thermique était déjà brevetée par Appert (1810) au début du XIXe siècle sans aucune connaissance en microbiologie. À la fin du XIXe siècle, la pasteurisation a été introduite, du nom de Louis Pasteur, pour éliminer les agents pathogènes végétatifs ou organismes de détérioration. Au début du XXe siècle bien établi, des processus thermiques basés sur la science ont été formulés. Dans les procédés thermiques traditionnels microbiologiques, les marges de stabilité sont souvent inutilement grandes en raison d'un contrôle sous-optimal du chauffage procédé ou d'un manque de connaissance précise de la cinétique d'inactivation des microorganismes concernés (**Smelt et Brul, 2014**).

La pasteurisation thermique, par sa nature même, implique le chauffage d'un produit pendant une période plus ou moins longue. Elle est nécessaire pour les jus de fruits afin de garantir leur stabilité physico-chimique et microbiologique. Ce traitement se réalise par l'une de deux techniques à savoir la pasteurisation flash, qui nécessite normalement une période de chauffage pendant des périodes variables de quelques secondes à $90\pm 95^{\circ}\text{C}$ jusqu'à une minute à des températures plus basses (de $80\pm 85^{\circ}\text{C}$). La pasteurisation en emballage, qui implique l'utilisation d'un tunnel de pasteurisation est une technique qui ne convient qu'aux bouteilles en verre, aux boîtes de conserve et aux canettes (comportent une section de réchauffement, la section de pasteurisation puis une ou plusieurs sections de refroidissement) (**Ashurst et Hargitt, 2009**).

Les jus de fruits sont invariablement des liquides mobiles qui contiennent une grande variété de constituants, bien que les sucres et les acides de fruits prédominent. Ils sont obtenus à partir de la plupart des fruits, par expression mécanique, bien qu'il existe une grande variété de procédés disponibles pour extraire le jus. La nature physique du fruit devient une considération majeure dans l'extraction du jus et différentes techniques doivent être appliquées aux agrumes, aux fruits à pépins (pommes et poires) et aux fruits qui contiennent des noyaux (noyaux) comme la mangue (**Ashurst et Hargitt, 2009**).

La pasteurisation du jus « TCHINA » produit par l'unité COJEK (CEVITAL) d'Elkseur a fait l'objet de notre travail. En effet, cette étude consiste en une comparaison entre la pasteurisation flash (appliquée pour l'emballage en PET) et celle tunnel (appliquée pour les bouteilles en verre) du jus « TCHINA ». En outre, ce travail vise à étudier l'effet du

traitement thermique (Flash pasteurisation et pasteurisation tunnel) sur les propriétés physicochimiques et microbiologiques des produits au cours de fabrication et les produits finis des deux lignes de fabrication jus Tchina, et à identifier les barèmes de Pasteurisation couple (temps- température) ainsi que comparer entre les valeurs de l'unité pasteurisatrice de la flash et tunnel pasteurisateur.

Ce document est scindé en quatre parties dont la première est une synthèse bibliographique sur les différents traitements thermiques en se focalisant sur la pasteurisation ainsi que quelques généralités sur les jus de fruit, la deuxième partie concerne la méthodologie adoptée, la troisième partie exposera l'ensemble des résultats obtenus ainsi que leur discussion avant de finir par une conclusion.

Synthèse Bibliographique

I. Rappel sur les traitements thermiques

Les traitements des aliments par la chaleur (ou traitement thermique) sont utilisés en industrie alimentaire pour assurer la conservation et surtout la qualité sanitaire des produits. Cependant, on peut les considérer comme « pasteurisation » lorsque leur rôle est limité à l'élimination des formes végétatives des germes pathogènes et la plupart des non pathogènes, ou comme « stérilisation » lorsque le traitement élimine toute entité viable (**Bigelow *et al.*, 1920**). Les traitements par la chaleur servent aussi dans certains cas à améliorer la disponibilité de nutriments, par exemple en améliorant la digestibilité d'une protéine. En outre l'activation des propriétés de la pectine (agent gélifiant, épaississant ou stabilisant) est obtenue au-delà de 85°C (**Bazinet et Castaigne, 2019**).

L'effet d'un traitement thermique est lié au couple temps/température. De manière générale, plus la température est élevée et plus la durée est longue, plus l'effet sera important. Cependant, il faut aussi tenir compte de la résistance thermique des micro-organismes et des enzymes qui est très variable. Il existe plusieurs techniques de conservation des aliments par traitement thermique, telles que la stérilisation, la pasteurisation, le blanchiment et L'appertisation. Le traitement thermique peut se faire soit sur le produit directement soit sur le produit emballé de manière étanche (**Anses, 2019**).

I.1 Les différents traitements thermiques

I.1.1 Stérilisation

La stérilisation est définie comme un processus d'élimination ou de destruction complète de toutes les formes de vie microbienne (c'est-à-dire les formes végétatives et les spores), qui est effectué par diverses méthodes physiques et chimiques. Techniquement, il y a une réduction $\geq 10^6$ log unités formant colonies (UFC) des spores les plus résistantes obtenues à la mi-temps d'un cycle régulier. C'est un traitement thermique relativement doux dans lequel les aliments sont chauffés à une température > 100°C (**Mohapatra, 2017**). Le tableau I résume les différentes techniques de stérilisation, le barème (température/ temps) pour chacune d'elles et quelques exemples d'application.

Tableau I: Les différentes techniques de stérilisation (**Murat, 2009**).

Nom de la technique de la stérilisation	Traitement		Exemples
	Température appliquée	Durée de traitement	
la stérilisation classique	110-115 °C	Quelques minutes	Lait, viandes, légumes, poisson.
La stérilisation par ultra haute température (UHT)	140 à 150 °C Injection de vapeur	Quelques secondes	Lait, crèmes fraiche liquide, Potage, jus de fruit

I.1.2 La pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique qui consiste à chauffer un produit à des températures comprises entre 60 et 100°C, dans le but de détruire la totalité des micro-organismes pathogènes non sporulés et de réduire significativement la flore végétative. C'est un procédé de conservation limité pour lequel le produit doit être conditionné hermétiquement (avec ou sans atmosphère modifiée ou sous vide) et réfrigéré (le produit pasteurisé peut être en effet conservé à +4°C de quelques jours à quelques semaines) (Chillet, 2011). Les différentes techniques de pasteurisations ainsi que leurs barèmes correspondants et certains exemples d'application sont illustrées dans le tableau II ci-dessous.

Tableau II: Les différentes techniques de pasteurisation (Murat, 2009).

Nom de la technique de la pasteurisation	Traitement		Exemples
	Température appliquée	Durée de traitement	
la pasteurisation basse	63-65 °C	Quelques minutes	Ovo produits, bière, soja
La pasteurisation haute	70-75 °C		Lait, jus de fruits, semi-conserves, potage.
Le flash pasteurisation	+95°C	Quelques secondes	Lait, jus de fruits

I.1.3 Le blanchiment

Le blanchiment est un traitement thermique préalable pour les aliments congelés, déshydratés ou pasteurisés. Ce traitement permet d'inactiver et de détruire les enzymes responsables d'altération en plaçant le produit dans un bain d'eau chaude ou de vapeur pendant une durée courte (moins de 5 minutes) à une température modérée (entre 60 et 100 °C). Le blanchiment offre parfois un autre intérêt, notamment celui d'améliorer la texture (Nout *et al.*, 2003).

I.1.4 Appertisation

L'appertisation, appelée aussi « conserve », est un traitement thermique qui consiste à stériliser par la chaleur des denrées périssables dans des contenants qui sont hermétiques aux liquides, aux gaz et aux micro-organismes (boîtes métalliques, bocaux). Les aliments chauffés à une température de 110 à 120°C sont débarrassés de tous les micro-organismes ou enzymes susceptibles de les altérer ou de les rendre impropres à la consommation pendant plusieurs mois. L'avantage de cette technique, même si elle altère les qualités gustatives des aliments, est qu'elle permet de préserver en grande partie les qualités nutritionnelles. Cette méthode se réalise à l'aide d'un autoclave (Sallets, 2016).

II. Etude du cas « pasteurisation »

II.1 Invention de la pasteurisation

Le processus de pasteurisation porte le nom de son inventeur Louis Pasteur, le fondateur de discipline de la microbiologie. Autour de l'année 1856, *Pasteur a été approché* avec un problème de contamination dans la fermentation alcoolique, que l'on croyait être un processus entièrement chimique à l'époque. Après un examen minutieux, il a découvert que la fermentation était un processus biologique réalisée par des micro-organismes. Cette hypothèse, appelée la théorie des germes, a été suivie par de nombreuses expériences élégantes qui ont montré sans équivoque l'existence de micro-organismes et leur effet sur la fermentation (**Pavel, 2009**).

Sur la base de ces découvertes, *Pasteur a déterminé* que ces micro-organismes pouvaient être éliminés par la chaleur. Ce processus simple est devenu connu sous le nom de pasteurisation, un processus utilisé aujourd'hui pour le lait et beaucoup d'autres boissons (**Pavel, 2009**).

II.2 Définition de la pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique à des températures comprises effectué entre 60 et 100 °C. Elle vise à une destruction sélective de la flore microbienne, en particulier la flore pathogène qui menace la santé et la sécurité des consommateurs et la flore d'altération qui écourte la durée de vie des produits, tout en préservant les qualités organoleptique et nutritionnelles du produit. En effet, elle donne un produit « frais » a durée de conservation courte et se conservant à basse température (0-3 °C) (**Cornier et al., 1994**).

II.3 Les paramètres de la pasteurisation (cinétique de destruction des microorganismes)

II.3.1 Le temps de réduction décimal

Le temps de réduction décimal, ou la valeur **D θ** , à une température donnée est le temps requis pour éliminer 90 % des micro-organismes initiaux, c'est-à-dire, c'est le temps nécessaire pour réduire la concentration initiale en micro-organismes d'un facteur 10, à la température **θ** (**Chillet, 2011**).

La cinétique de destruction microbienne étant d'ordre 1, alors :

$$-\frac{dN}{dt} = K_{\theta} \times N$$

θ : Température létale d'exposition à la chaleur (°C).

K_{θ} : Constante de vitesse.

D_{θ} : Température de réduction décimale.

Et en séparant les variables :

$$-\frac{dN}{N} = K_{\theta} \times dt$$

Cette équation s'intègre entre l'instant initial $t=0$ et l'instant t , ce qui correspond aux valeurs N_0 et N :

$$\int_{N_0}^N -\frac{dN}{N} = \int_0^t K_{\theta} \times dt \quad \rightarrow \quad \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) = K_{\theta} \times t$$

En utilisant le logarithme décimal, on obtient :

$$\log\left(\frac{N_0}{N}\right) = t \times \left(\frac{K_{\theta}}{2.303}\right)$$

2,303 : constante

Soit $D_{\theta} = \frac{2.303}{K_{\theta}}$, alors :

$$\log\left(\frac{N_0}{N}\right) = \frac{t}{D_{\theta}} \quad \frac{N_0}{N} = 10^{\frac{t}{D_{\theta}}}$$

Si $t = D_{\theta}$, alors : $\log\left(\frac{N_0}{N}\right) = 1$ et $\frac{N_0}{N} = 10$

Ainsi, D_{θ} est la valeur que prend t pour $\frac{N_0}{N} = 10$

N_0 Nombre (ou concentration) de micro-organismes avant traitement thermique. (L^{-1}).

N Nombre (ou concentration) de micro-organismes survivants à l'instant t (L^{-1}).

t Temps d'exposition des micro-organismes à la chaleur (s ou **min**).

D_{θ} Temps de réduction décimale (s ou **min**).

II.3.2 Le taux de réduction décimale

C'est le nombre de réductions décimales, appelé aussi efficacité pasteurisatrice (E) à la température θ (Chillet, 2011) est :

$$n = \log\left(\frac{N_0}{N}\right) \quad \text{Ou} \quad E = \log\left(\frac{N_0}{N}\right)$$

Une réduction décimale n correspond à un taux de survivants :

$$\frac{N}{N_0} = 10^{-n}$$

L'équation précédente peut alors s'écrire :

$$n = \frac{t}{D_{\theta}} \quad \text{Ou} \quad E = \frac{t}{D_{\theta}}$$

La durée du traitement est :

$$t = n \times D_{\theta}$$

II.3.3 La valeur pasteurisatrice

L'intensité du traitement thermique s'exprime sous la forme d'une Valeur Pasteurisatrice (VP) appliquée au point critique du produit, ou sur la fraction du produit

subissant le traitement le plus faible. Elle est exprimée en équivalent temps (minutes) passé à la température de référence inférieure à 100 °C (ex : 70 °C ou 93,3 °C) qui se calcule comme suit (Anses, 2019) :

$$VP = \int_0^t 10^{\frac{T-T_{ref}}{Z}} dt$$

Où : **t** : durée du traitement thermique (en minutes)

T : température du produit au cours de ce traitement

T_{ref} : température de référence du calcul (en °C), soit usuellement :

- 93,3°C (200°F) pour la pasteurisation des conserves de produits acides,
- 70°C pour la pasteurisation de produits non acides, réfrigérés et auxquels une date limite de consommation (DLC) est appliquée.

Quand la température de traitement thermique est constante, l'équation ci-dessus devient :

$$VP = t \cdot 10^{(T-T_{ref})/Z}$$

z: facteur de réduction décimale

II.3.4 Unités de pasteurisation

La quantité de pasteurisation est exprimée à l'aide du terme unités de pasteurisation (UP). Il s'agit d'une mesure non linéaire du temps et de la température qui reflète le taux de destruction des bactéries dans le produit (Ashurst et Hargitt, 2009).

Le Contrôle de pasteurisation thermographe : Le thermographe a pour but de suivre le processus de pasteurisation. Cet équipement destiné au suivi des boîtes et des bouteilles et utilise des sondes de température montées sur les récipients originaux. L'ensemble est placé dans le tunnel de pasteurisation et un récepteur de données associé à la ligne de pasteurisation enregistre les valeurs UP (unités de pasteurisation) (Anonyme 1).

Une unité de pasteurisation (UP) correspond à 1 minute de chauffage à 60 °C. Pour calculer le nombre de PU pour une relation temps-/température donnée, la formule suivante s'applique :

Nombre **d'up** = **1,389**^(t-60) × **temps en minutes** (Ashurst et Hargitt, 2009).

Où **UP** : unité de pasteurisation

1,389 : constante

t : température du traitement thermique

60 : Tref (température de référence)

II.3.5 Temps au-dessus de la température

Le temps au-dessus de la température (TAT) est une autre grandeur qui caractérise la pasteurisation. Elle est définie comme la durée pendant laquelle la température du produit est égale ou supérieure à 60°C. (Pavel, 2009).

$$\frac{dTAT(t)}{dt} = K \quad \begin{array}{l} K = 1 \text{ pour } T(t) \geq 60^\circ\text{C} \\ K = 0 \text{ pour } T(t) < 60^\circ\text{C} \end{array}$$

Où T est la température du produit.

II.4 Types de pasteurisation

II.4.1 La pasteurisation flash

La pasteurisation flash est une méthode de pasteurisation thermique des boissons avant de les remplir dans des récipients. Elle a pour but l'inactivation des enzymes et les microorganismes qui sont naturellement présents ou qui ont été introduits au moment de la préparation. Les installations de pasteurisation Flash (**Fig. 1**) sont liées aux nécessités actuelles, sécurité maximale et altérations minimales du produit, selon le principe HTST (haute température pendant une durée brève) et garantissent :

- un haut coefficient d'échange thermique
- un bas coefficient de salissure
- un nettoyage et un entretien facile et rapide
- la possibilité d'agrandir ou de transformer le système (**Anonyme 2**).



Figure 1: Photographie d'une installation de la pasteurisation flash (**Anonyme 3**).

La pasteurisation flash consiste à pomper le produit brut d'un réservoir de stockage à travers un échangeur de chaleur à plaques où il est chauffé à la température spécifique. Le produit chaud est ensuite pompé de l'unité de pasteurisation à travers un tube de rétention. À l'extrémité du tube de rétention se trouve une vanne de dérivation à 3 voies et une sonde de température, montée à l'extrémité de celui-ci (**Fig. 2**). Dans le cas où la température est trop basse, la vanne de dérivation à 3 voies est activée pour renvoyer le produit chaud dans le réservoir de stockage pour le retraitement. Par contre si la température est acceptable, le produit continue vers la section de refroidissement du processus, puis vers l'emballage (**Anonyme 4**).

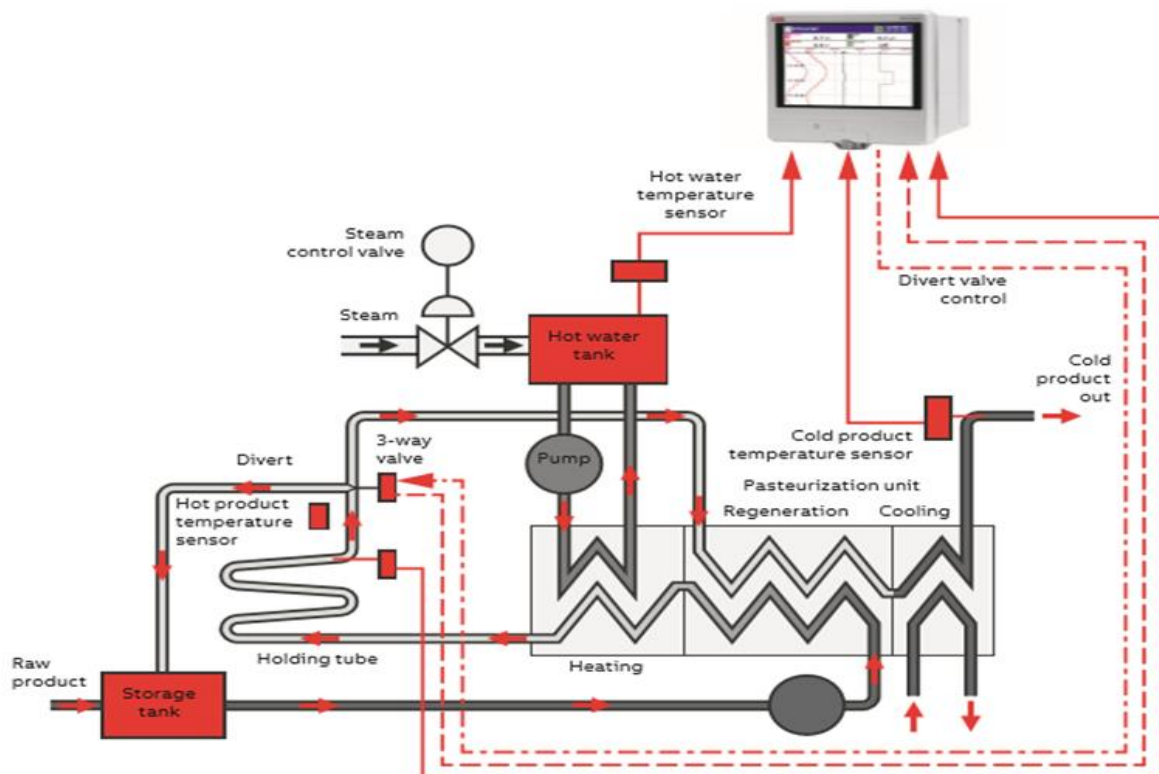


Figure 2 : La configuration d'un processus de pasteurisation flash (**Anonyme 4**).

II.4.1.1 Champs d'applications

La pasteurisation flash retrouve diverses applications notamment dans le domaine alimentaire. Nous pouvons en effet citer comme exemples la pasteurisation de :

- Vins plats ou pétillants.
- Sirops de sucre et concentrés.
- Jus limpides ou pulpeux.
- Boissons alcoolisées ou non alcoolisées
- vinaigre (**Anonyme 2**).

II.4.2 Tunnel de pasteurisation

La pasteurisation en tunnel est utilisée (après le remplissage et le bouchage) pour les bouteilles et les canettes. Le délai (la durée de traitement thermique) est beaucoup plus long qu'une pasteurisation rapide (jusqu'à 1 heure) et le pic de température est plus faible (autour de 60°C). Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles un délai aussi long est nécessaire. Tout d'abord, la conduction de la chaleur à travers une paroi du récipient puis à travers le contenu est relativement longue. Deuxièmement, pour la bouteille, une augmentation rapide de la température peut provoquer un stress thermique qui peut faire éclater la bouteille. Troisièmement, une forte accumulation de pression se produit lorsqu'un emballage hautement carbonaté est chauffé, et là encore il existe un risque d'éclatement (**Stewart et Priest, 2006**).



Figure 3: Tunnel de pasteurisation (**Pavel, 2009**).

Les pasteurisateurs tunnel (**Fig.3**) consistent en une longue enceinte fermée (généralement de 15 à 30 m, en configuration à un ou à deux étages), dans laquelle de l'eau est pulvérisée sur les emballages qui sont déplacés par un convoyeur. Le tunnel est divisé en 7 à 15 zones de pulvérisation, qui sont regroupées en :

- ✓ une zone de chauffage, où la température du récipient est progressivement augmentée à la température de pasteurisation désirée ;
- ✓ une zone de pasteurisation, où le produit atteint une UP désirée ;
- ✓ et une zone de refroidissement, où le produit est refroidi à la température de sortie requise (environ la température du point de rosée ambiant, ce qui évitera la formation de condensation sur le récipient du produit, ce qui nuira au processus de conditionnement (**Pavel, 2009**)).

L'eau qui s'écoule des emballages est recueillie dans des réservoirs et recyclée dans les bacs de pulvérisation.

Les deux principaux composants du pasteurisateur sont les systèmes de pulvérisation et de circulation d'eau et le système de transport d'emballages (Pavel, 2009).

II.4.2.1 Avantages de la pasteurisation tunnel

La pasteurisation Tunnel présente divers avantages dont les plus importants sont :

- Extrêmement efficace pour inhiber les agents pathogènes
- Efficace pour arrêter la croissance des levures, réduisant ainsi la fermentation secondaire
- Pas de travail intensif, contrairement à la pasteurisation flash qui nécessite différents processus et étape selon les types de produits (Anonyme 5).

III. Le jus du fruit

Le jus de fruits est défini comme « le produit fermentescible mais non fermenté obtenu à partir de la partie comestible de fruits sains et mûrs, frais ou conservés par réfrigération ou congélation, d'une ou de plusieurs espèces mélangées entre elles, ayant la caractéristique couleur, saveur et goût typiques du jus du fruit dont il provient.» La purée de fruits peut également être considérée comme un jus de fruits (Ashusrt *et al.*, 2017).

Le jus est obtenu par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles des jus du fruit dont il provient. Le jus peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et des composés volatils restitués, à condition qu'ils proviennent des mêmes espèces de fruits et soient obtenus par des moyens physiques adaptés [Codex, 2005].

III.1 Les différents types de jus de fruits

III.1.1 Le nectar de fruits

Le nectar de fruits est fabriqué en ajoutant de l'eau à du jus de fruits ou à de la purée de fruits, avec ou sans sucre ou édulcorants artificiels. La teneur minimale en fruits du nectar de fruits doit être de 25 à 50 %, selon le type du fruit (Chanson-rolle *et al.*, 2019).

III.1.2 Boissons aux fruits

La dénomination est réservée aux boissons préparées à partir d'eau et de jus de fruits, jus de fruits concentrés, fruits ou un mélange de ces composants avec addition de sirop de sucre à une faible concentration. La masse fruitière est de 30 à 50% (Benamara et Agougou, 2003).

III.1.3 Les Jus de fruit concentrés

C'est le produit obtenu à partir de fruits, par élimination physique d'une partie déterminée de l'eau de constitution. Lorsque le produit est destiné à la consommation directe, la concentration est d'au moins 50% (Codex, 2005).

III.1.4 Les Purs Jus, obtenus à partir de fruits

Selon (Codex ,2005),les pur jus est défini comme un jus obtenu à partir de fruits par des procédés mécaniques, fermentescibles mais non fermentés, possédant la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques du ou des jus de fruits dont il provient. Les jus de fruits frais ne subissent pas de traitement thermique.

III.1.5 Les Jus de fruits déshydratés

C'est le produit obtenu à partir de jus de fruits par élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution. La restitution des composants aromatiques est obligatoire (Codex, 2005).

Matériels et méthodes

Ce travail a été effectué au niveau de l'unité Spa CEVITAL qui est implantée dans la zone industrielle d'El-Kseur, à 300 m de la gare ferroviaire et à proximité d'une région à vocation agricole (**Annexe 1**) dans la période s'étalant du, 01 /06/2022 au 30/06/2022.

I. Echantillonnage

Notre étude a portée sur l'analyse physicochimique et microbiologique dans différentes étapes du processus de fabrication des boissons « **Tchina** » conditionnées dans des bouteilles en plastique PET (Polyéthylène téréphtalique), et dans des bouteilles de verre RB (Returnable Bottle). L'échantillon est collecté de manière aseptique, manipulé et stocké dans un environnement propre dans le laboratoire d'analyse afin d'éviter toute détérioration et toute modification de la composition ainsi que toute contamination de la part du manipulateur ou de l'environnement.

Dans ce travail, le prélèvement a été réalisé à différents niveaux de fabrication du jus à la même heure pour les deux lignes (PET, RB). Il s'agit de :

I.1 Prélèvement des produits au cours de fabrication (PET)

Les prélèvements des échantillons au cours de fabrication ont été effectués à trois niveaux de la production : sirop avant et après pasteurisation et le produit dans le mixeur. Les trois échantillons étudiés ont été prélevés au niveau des tanks de la ligne (PET), au moment de la fabrication. Le prélèvement a été effectué dans une zone stérilisée (avant chaque prélèvement les vannes ont été désinfectées avec de l'alcool puis flambées).

a) Sirop avant pasteurisation

Le prélèvement a été effectué au niveau des tanks de reconstitution dans la Siroperie de l'unité avant la flash pasteurisation par remplissage des flacons (de 250 ml) en verre stérile, après avoir désinfecter la vanne avec de l'alcool puis la flamber.

b) Sirop après pasteurisation

Le prélèvement a été effectué au niveau du tank aseptique dans le Bac Stérile après la flash pasteurisation par remplissage des flacons en verre stérile (de 250 ml), après avoir désinfecté la vanne avec de l'alcool puis la flamber.

c) produits dans le mixeur

Le prélèvement a été effectué de la même façon que précédemment décrit, au niveau du tank aseptique (mixeur) dans la salle blanche.

I.2 Prélèvement des produits finis (PET)

L'échantillonnage a été effectués au niveau du bâtiment de conditionnement des jus en (PET), en prélèvent deux bouteille du volume 33 cl du jus « Tchina » après étiquetage et Datage externe.

I.3 Prélèvement des produits au cours de fabrication (RB)

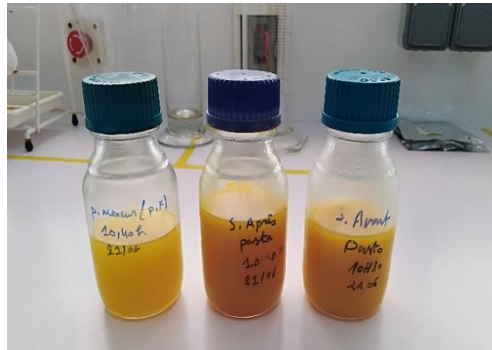
a) Bouteille avant pasteurisation

L'échantillonnage a été effectué au niveau de la chaine de la production RB, en prélevant une bouteille jus Tchina en verre (de 25cl de volume, après remplissage et bouchonnage) avant pasteurisation tunnel.

I.4 Prélèvement des produits finis (RB)

a) Bouteille après pasteurisation

L'échantillonnage a été effectué directement à la fin de la chaine de la production RB. En prélevant une bouteille en verre (de 25 cl du jus Tchina), après la pasteurisation tunnel. Les photos des différents échantillons prélevés dans les deux lignes de la production (RB et PET) sont illustrées dans la **figure 4** ci-dessous.



(a) Echantillons avant et après la pasteurisation et le mixeur dans la ligne PET



(b) Echantillons avant et après la pasteurisation dans la ligne RB.



(c) Produit finis PET

Figure 4: photographie des différents échantillons prélevés pour les analyses.

RB : Returnable bottle, *PET* : Polyéthylène téréphtalique

II. Analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques ont été réalisées pour la détermination de certaines caractéristiques physicochimiques dans le but d'évaluer les changements provoqués par le traitement thermique applicable en usine (flash pasteurisation, pasteurisation tunnel) sur les produits. Ces analyses ont été réalisées sur les produits en cours de fabrication (sirops avant et après pasteurisation et le produit dans le mixeur dans la chaîne (PET), une bouteille avant pasteurisation dans la chaîne (RB), et le produit fini pour les deux chaînes précédemment citées.

II.1 Détermination du pH

La mesure du pH a été réalisée avec un pH- mètre tout en introduisant la sonde à l'intérieur du produit à analyser et lire la valeur du pH.

II.2 Détermination de l'acidité titrable

L'acidité du jus correspond principalement à la présence d'acides organiques utilisés. L'acide citrique est le principal acide organique des agrumes, des framboises, des fraises, du cacao et de la grenade, tandis que l'acide malique est le principal acide des pêches, des pommes et des prunes (**Dias et al., 2017**). Le principe de la méthode consiste en un titrage de l'acidité de 10 ml de l'échantillon pour les finis et semi-finis et de 5 ml pour les sirops avec une solution d'hydroxyde de Sodium (NaOH) 0,1N en présence d'un indicateur coloré qui est la Phénolphaléine à 1%. Le point d'équivalence est déterminé lors du virage (persistant) de la couleur de l'échantillon vers le rose clair.

L'acidité ou bien la quantité d'acide dans l'échantillon est obtenue en multipliant le volume de la chute de la burette (volume de NaOH) par le coefficient de l'acide citrique qui est égale à 0,64, selon la formule suivante :

$$A = V \cdot 0,64$$

Où :

A : acidité titrable (g/l).

V : volume de NaOH utilisé.

0,64 : coefficient d'acidité.

II.3 Détermination de Brix

Le degré Brix est une façon d'exprimer directement la teneur d'un liquide en sucre pour 100 grammes de solution. En d'autres termes, il sert à mesurer la fraction du saccharose dans un liquide (**Navellier, 1950**).

La mesure de l'indice de réfraction (Degré Brix) des jus de fruits ou des sirops concentrés a été réalisée à l'aide d'un réfractomètre (**Fig.5**) calibré à l'échelle internationale du sucre, sur lequel quelques gouttes de produit sont disposées sur le prisme permettant ainsi de lire la valeur directement sur l'échelle du réfractomètre.

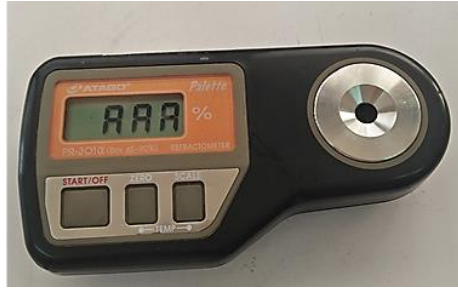


Figure 5: Réfractomètre

II.4 Détermination de l'Activité de l'eau (aw)

L'activité de l'eau est le rapport de la tension de vapeur d'eau dans tout système alimentaire sur la tension de vapeur d'eau de l'eau pure à la même température (la teneur en eau libre d'un aliment) (**Anonyme 6**). Cette activité détermine les propriétés physiques, mécaniques, chimiques et microbiologiques de nombreuses substances, entre autres la fluidité, prévoir quels microorganismes représentent une source potentielle d'altération et est un facteur critique qui détermine directement la conservation des aliments puisque celle-ci désigne la part d'eau libre, donc la part d'eau disponible à croissance des microorganismes (**Anonyme 6**). L'activité de l'eau (Activity Water) est mesurée à l'aide d'un AW-mètre (**Fig.6**) pour tous types d'échantillons, qu'ils soient liquides, solides ou en forme de gelée.



Figure 6: AW-mètre

Afin de mesurer l'activité d'eau (aw) d'un échantillon donné, celui-ci est mis dans une chambre de mesure étanche. L'eau libre humidifie ou assèche l'air à l'intérieur de la chambre. Seule l'eau libre peut faire cela. Cet échange dure jusqu'à l'équilibre. Une unité de mesure très précise mesure en permanence les conditions climatiques à l'intérieur de la chambre. Si la mesure se stabilise après un laps de temps défini et réglé par l'opérateur, l'appareil convertit diverses informations en valeurs aw. L'indication de la valeur d'aw est en permanence affichée sur l'appareil (**Anonyme 7**).

II.5 Détermination de la viscosité

La viscosité, est définie comme étant la friction interne d'un fluide, causée par les interactions moléculaires, qui le rendent résistant à l'écoulement (**Gorlier et Germain, 1998**). Elle a été mesurée par le biais d'un viscosimètre rotatif modèle Brookfield (**Fig.7**).

L'analyse de la viscosité d'un l'échantillon s'effectue en plusieurs étapes. Elles consistent à placer le mobile ainsi que son protecteur sur la partie tournante. Le mobile correspondant à chaque type d'échantillon doit être sélectionné (61 pour les produits finis, 64 pour sirops). La température de l'échantillon à analyser (sirops, produit fini...etc.) est vérifiée (23 – 26°C) puis le mobile est inséré et centré dans le produit à tester jusqu'à ce que le niveau de fluide atteigne le repère désigné sur la tige. Enfin, la valeur de la viscosité est affichée sur l'écran de l'appareil.



Figure 7: Viscosimètre

III. Analyse microbiologique

Le contrôle microbiologique vise à garantir la sécurité et la qualité du produit (avec sa qualité marchande), ainsi qu'à minimiser les pertes de produit dues à de mauvaises conditions de fabrication (**Tchingo, 1996**). En effet, les analyses microbiologiques ont pour but la recherche des germes d'altération du jus (levures et moisissures, bactéries lactiques, bactéries aérobies).

Pour notre étude les analyses microbiologiques ont été effectuées sur les produits au cours de fabrication (sirops avant et après pasteurisation et le produit dans le mixeur), dans la chaîne (PET), et une bouteille avant pasteurisation dans la chaîne (RB), et le produit finie pour les deux chaînes précédemment citées.

III.1 Recherche et dénombrement des levures et les moisissures

La recherche des levures et moisissures a été réalisées par ensemencement en masse (de 1 ml de la solution mère) sur le milieu YGC (gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol). Deux boites pour chaque échantillon et une boite témoin pour le milieu de culture ont été ensemencées, puis incubées à 25°C pendant 03 à 05 jours.

III.2 Recherche et dénombrement les bactéries aérobies

La recherche des bactéries aérobies a été réalisée sur le milieu PCA (Plate Count Agar). L'ensemencement de la solution mère a été effectué en masse, sur deux boites pour chaque échantillon et une boite témoin pour le milieu de culture. La lecture a été réalisée après 48h d'incubation à 30°C.

III.3 Recherche et dénombrement des bactéries lactiques

La recherche des bactéries lactiques a été effectuée sur les milieux MCL (McClusky). L'ensemencement a été effectué de la même façon que les deux tests précédents. La lecture a été effectuée après 48 et 72h d'incubation à 30 °C.

IV. Suivi pasteurisation des lignes RB et PET (tunnel et flash pasteurisation).

● Flash pasteurisation

Les paramètres du traitement thermique (couple (temps / température)) ont été pris dans l'automate programmé pour le flash pasteurisateur par les superviseurs de la siroprie et dont les valeurs sont indiquée en **annexe III**.

● Tunnel de pasteurisation

Les paramètres du traitement thermique (couple (temps / température) de la pasteurisation ont été pris par un suivi de pasteurisation tunnel pendant sept heures à l'aide des thermomètres. Et le temps de pasteurisation a été fixé par l'entreprise et les valeurs sont indiquées en **annexe III**.

Résultats et discussions

Des analyses de contrôle de l'audite de fabrication et la qualité du produit fini (analyses physico-chimique et microbiologique) ont été effectuées sur les deux lignes de production : le jus soumis à une flash pasteurisation conditionné en bouteille en plastique (PET) et le jus conditionné en bouteille en verre (RB) soumis à une pasteurisation tunnel.

I. Analyses physicochimique des échantillons de la ligne PET

La transformation alimentaire regroupe des activités qui concernent la préparation ou la fabrication d'aliments, notamment les boissons (jus). La transformation de la qualité du produit peut être le résultat d'effets de changement des facteurs physico-chimiques. Les résultats d'analyses physicochimiques des produits aux cours de fabrication et de produit fini de la ligne (PET), sont présentés dans **l'annexe II**

I.1 Le pH

Avant pasteurisation, la valeur du pH mesurée de sirop avant pasteurisation (S.Avp) est de 2,88. Après pasteurisation les valeurs du pH mesurées sont de 2,9 pour sirop après pasteurisation (S.App), de 3 pour produit dans le mixeur (PM), de 3,09 pour le produit fini (PF). Les résultats obtenus pour chaque cas sont présentés dans la **figure 8**.

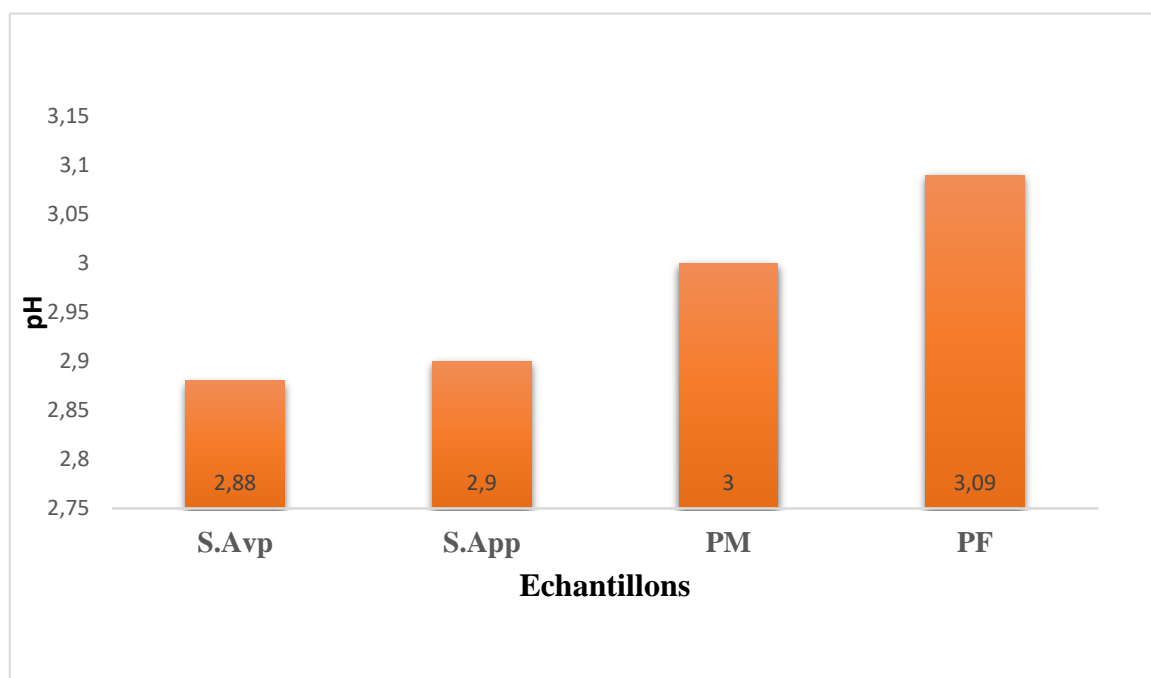


Figure 8: Résultats des analyses du pH des produits au cours de fabrication et produits fini du linge (PET).

D'après les résultats nous constatons que le pH le plus élevé est enregistré pour PF après pasteurisation (3,09) suivie par PM (3,00), ensuite le sirop (S.App) suivi du même sirop avant pasteurisation (S.Avp). Ces valeurs du pH entre 2,88 et 3,09 indiquent que le pH est resté stable.

La stabilité de pH (dès le début de fabrication (sirops) jusqu'au produit fini) reflète que tous les processus (homogénéisation et traitement par flash pasteurisation et l'ajoute de conservateur) subit sur le produit n'affecte pas le potentiel hydrogène.

I.2 L'acidité titrable

Les valeurs de l'acidité titrable des quatre échantillons analysés sont représentées dans la **figure 9** ci-dessous.

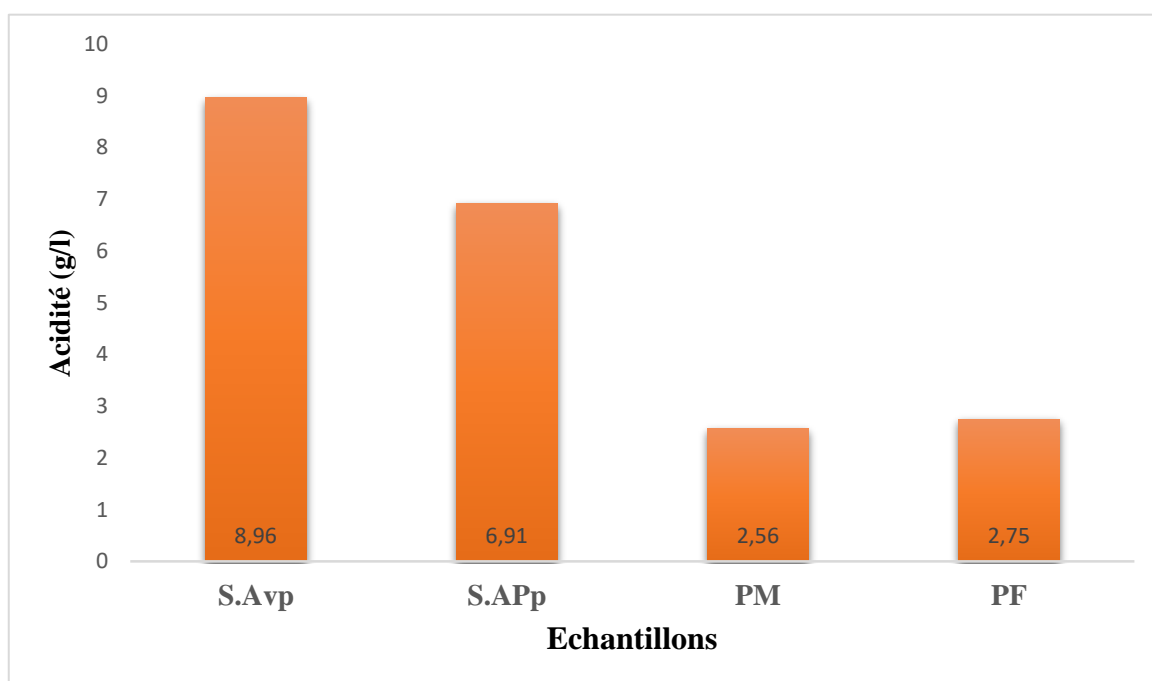


Figure 9: Résultats des analyses de l'acidité des produits au cours de fabrication et le produit fini de la ligne (PET)

La figure 9 indique une variation dans l'acidité titrable des échantillons analysés. En effet, la valeur de l'acidité titrable la plus élevée est notée pour S.Avp (8,96), suivie du S.App (6,91), et ensuite le PF (2,75) et enfin le PM (2,56), cela est peut-être dû à la composition des concentrés et à la quantité d'acides organiques et aussi à la quantité d'acide citrique ajouté au début de la fabrication.

I.3 Brix

Les résultats de degré brix obtenus pour les quatre échantillons (S.Avp, S.App, PM, PF) sont présentés dans la **figure 10**

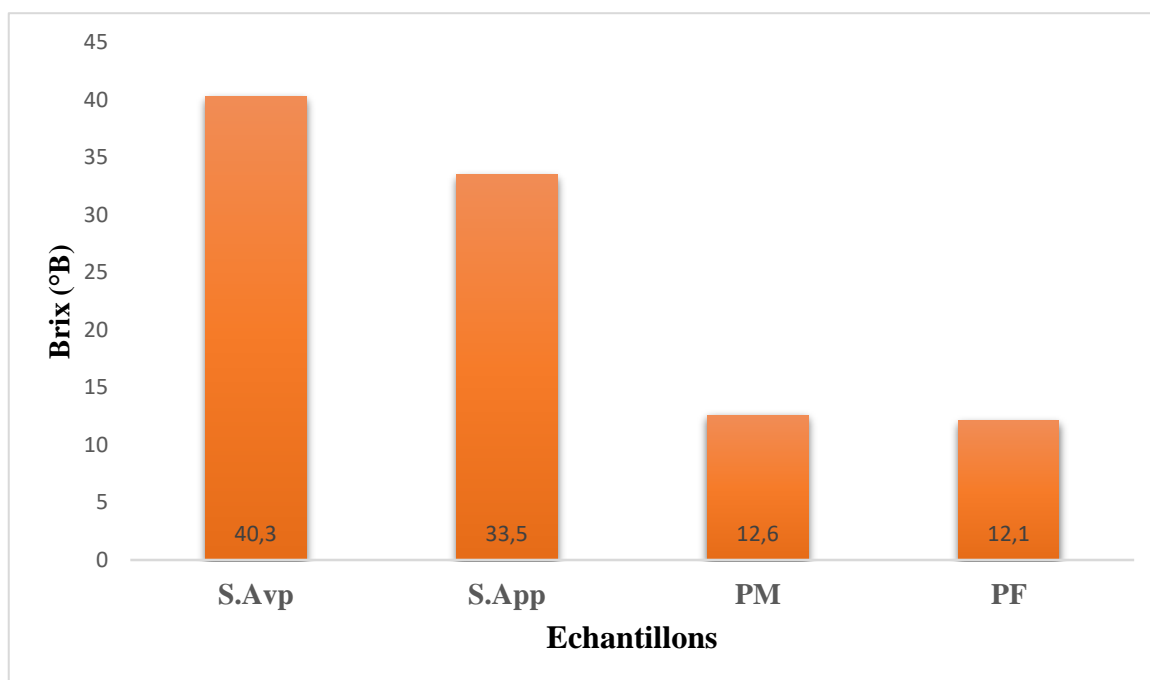


Figure 10: Résultats des analyses du Brix des produits au cours de fabrication et produits fini du linge (PET)

D'après les résultats enregistrés, nous remarquons que le degré Brix le plus élevé est celui de l'échantillon S.Avp (avant pasteurisation : 40,3°B), suivi du S.App (33,5°B) puis le PM (12,6°B) et en fin PF (après pasteurisation : 12,1°B). Ces variations en taux de sucre présent dans les échantillons analysés (sirop avant et après la pasteurisation) peuvent être dues au contact avec la quantité d'eau qui reste dans les parois des conduites du flash pasteurisateur lors du premier transfert du sirop vers le pasteurisateur d'une nouvelle production et à des petites quantités d'eau restées dans les parois des conduites de remplissage. Tandis que la chute de Brix entre les sirops et les produits est due au volume d'eau ajouté lors de la transformation du sirop en produit (jus).

I.4 Activité de l'eau (AW)

Les valeurs de l'activité de l'eau des échantillons analysés au cours de la fabrication et le produit fini sont représentées dans la **figure 11** suivante.

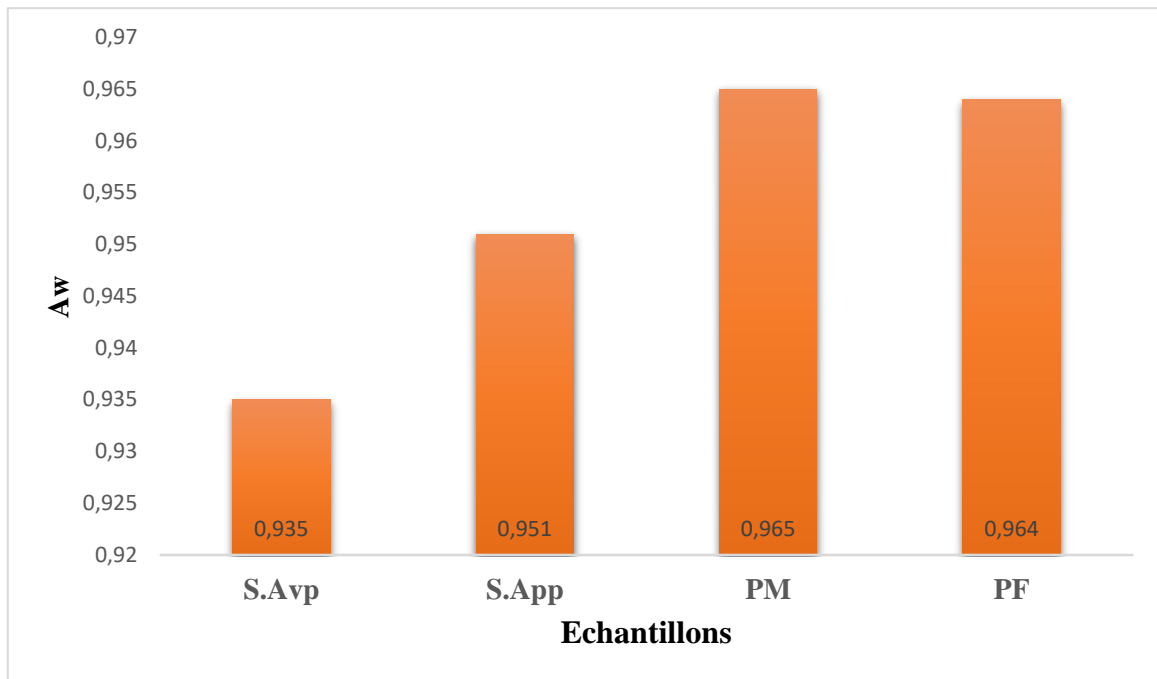


Figure 11: Résultats des analyses d'activité de l'eau des produits au cours de fabrication et le produit fini

Les différentes mesures de l'activité de l'eau (AW), effectuées sur les produits au cours de fabrication et sur le produit fini, ont montré que la valeur la plus élevée est enregistrée pour le PM (0,965), suivie PF (0,964) ensuite le S.App (0,951) et enfin le S.Avp (0,935), cela peut être dû à la teneur de chaque échantillons en sucre car le sucre absorbe l'eau.

I.5 La viscosité

Les valeurs de la viscosité mesurée pour les sirops avant et après pasteurisation et le produit dans le mixeur et produit fini de la ligne de fabrication **PET** sont : 56,6 Cp (centipoise) pour le S.Avp, 131,3 Cp pour le S.App, 7,6 Cp pour le PM, 7,6 Cp pour le PF. Les résultats obtenus pour chaque cas sont présentés dans **la figure 12**-ci-dessous.

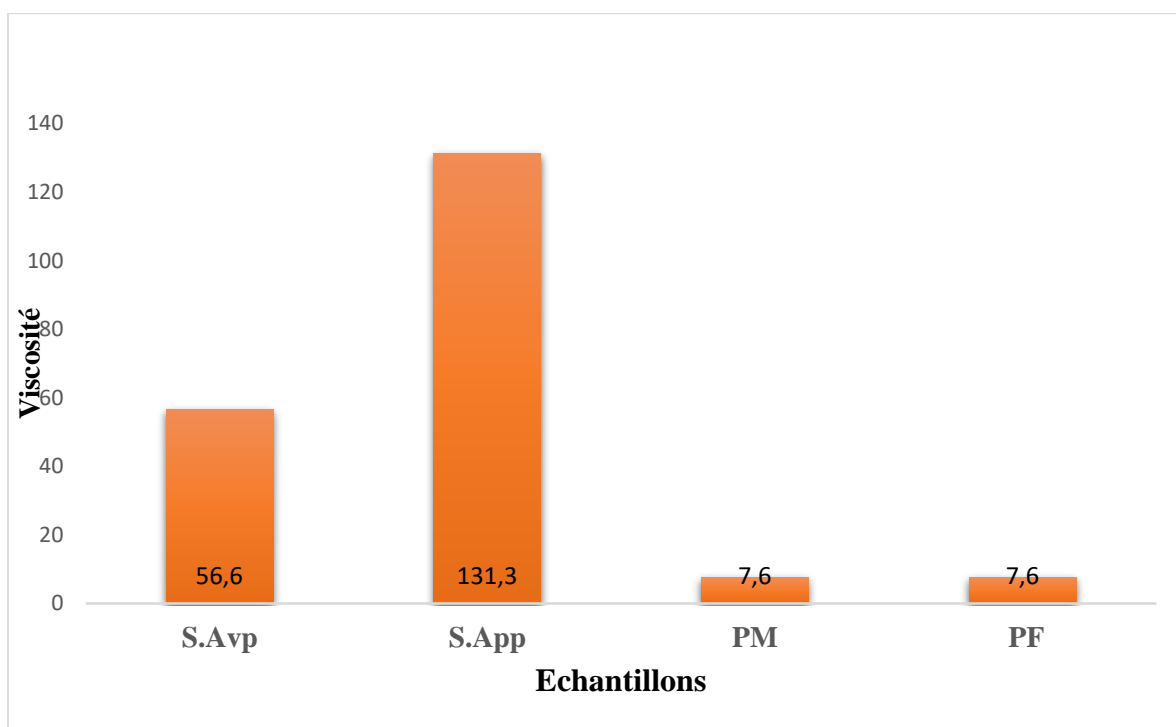


Figure 12: Résultats des analyses de la viscosité des produits au cours de fabrication et produits fini du linge (PET)

Les résultats obtenus ont montré que la valeur la plus élevée est enregistrée pour le sirop après pasteurisation (S.App) suivie par celui de sirop avant pasteurisation et en fin les produits (mixeur, fini) PM, PF. Ces derniers sont les plus liquides des quatre échantillons analysés vu leur teneur en eau par rapport aux sirops. L'augmentation de la viscosité du sirop après pasteurisation par rapport au même sirop avant pasteurisation est due à une opération d'homogénéisation par l'homogénéisateur de l'unité, et l'activation des propriétés de la (pectine et carboxyméthylcellulose (CMC)) par le biais de la chaleur (flash pasteurisation).

II. Analyse physicochimique des échantillons de la ligne RB (verre)

Les résultats d'analyses physicochimiques des produits aux cours de fabrication et de produit fini de la ligne (RB), sont présentés dans le tableau **III** ci-dessous.

Tableau III: Résultats des analyses physicochimiques du produit au cours de fabrication et produit fini de la ligne (RB).

Paramètre produits	Bouteille avant tunnel de pasteurisation			Bouteille après tunnel de pasteurisation (produit fini)		
	Nombre de testes			Nombre de testes		
	Ts1	Ts2	Ts3	Ts1	Ts2	Ts3
pH	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09
moyenne	3,09			3,09		
Acidité (g/l)	2,49	2,49	2,49	2,43	2,43	2,43
moyenne	2,49			2,43		
Brix (°B)	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
moyenne	12,6			12,6		
Aw	0,965	0,965	0,965	0,964	0,964	0,964
moyenne	0,965			0,964		
Viscosité (cp)	6,50	6,20	7	6,50	6,70	6,50
moyenne	6,56			6,56		

- Les valeurs du pH mesuré pour les échantillons (RB) avant et après la pasteurisation tunnel est de 3,09. Ce qui confirme une absence de la variation de potentiel hydrogène dans le produit soumis au traitement thermique.
- L'acidité titrable des échantillons RB est de 2,49 g/l avant pasteurisation (Avp) et de 2,43 g/l après pasteurisation (App). Ce qui affirme l'équilibre de la quantité d'acide présent dans ces deux échantillons subis à un traitement thermique (pasteurisation tunnel).
- Les valeurs du Brix notées pour l'échantillon RB avant et après la pasteurisation tunnel est de 12,6 °B. Cela reflète que la teneur en sucre entre ces deux produits est stable.
- Les résultats de l'Activité de l'eau des échantillons RB sont de 0,965 et 0,964 respectivement pour (RB.Avp), (RB.App). Ce qui explique que la teneur en eau libre du jus est stable pour ces deux échantillons.

- La viscosité de l'échantillon RB avant la pasteurisation est 6,56 Cp et pour le RB après la pasteurisation est 6,56 Cp. Ce qui indique que l'état de la fluidité de ces deux échantillons du jus est invariable.

Enfin La stabilité des propriétés physicochimiques telles que (pH, Acidité, Brix, Aw, Viscosité) des échantillons du jus de la ligne RB soumis au traitement thermique (avant et après pasteurisation tunnel), indique que l'application de la chaleur pendant un laps de temps n'affecte pas sur les paramètres physicochimique.

III. Analyse microbiologique des produits au cours de fabrication et le produit fini de la ligne (PET)

Plusieurs facteurs peuvent favoriser, soit le développement ou l'inhibition de la croissance des microorganismes dans les jus de fruit. Tout dépend de la composition des jus de fruit et des conditions de leur stockage et transport.

L'ensemble des résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les produits au cours de fabrication et le produit fini de la ligne (PET) sont illustrés dans **Tableau IV**.

Tableau IV: Résultats des analyses microbiologiques des échantillons analysés dans la ligne PET.

Echantillons analysé	Levure et moisissure					Bactérie lactique			Bactérie aérobie	
	Durée d'incubation					Durée d'incubation			Durée d'incubation	
	J1	J2	J3	J4	J5	J1	J2	J3	J1	J2
Sirop avant pasteurisation	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	PRSC +1	ABS	ABS
Sirop après pasteurisation	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Produits dans le mixeur	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	BAS
Produits fini	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS

III.1 Les produits au cours de fabrication

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les produits au cours de fabrication de la ligne (PET), à savoir les sirops avant et après la pasteurisation (flash) et le produit dans le mixeur sont présentés comme suit.

III.1.1 Recherche et dénombrement des levures et les moisissures

Pour le dénombrement des levures et moisissures, les résultats obtenus montrent une absence de ces germes dans les sirops avant et après pasteurisation et le produit dans le mixeur. Cette absence dans ces produits au cours de fabrication est expliquée par l'utilisation d'agent de conservateur (sorbate de potassium), qui inhibe la croissance des levures et moisissures.

III.1.2 Recherche et dénombrement des bactéries lactiques

Les résultats des analyses des bactéries lactiques pour les produits au cours de fabrication ont montrés, la présence de 1 UFC dans 1 ml de sirop avant la pasteurisation et une absence de ces germes dans le même sirop après pasteurisation et dans le mixeur. Ceci peut être dû au traitement thermique.

III.1.3 Recherche et dénombrement des bactéries aérobies

Les résultats obtenus sur les analyses des bactéries aérobies, montrent une absence totale des germes dans les sirops avant et après la pasteurisation et dans le mixeur, cela reflète le respect des bonnes pratiques d'hygiène et l'efficacité du procédé aseptique, qui interdit toute intervention humaine, et aussi le traitement thermique appliqué (Flash pasteurisation).

III.2 Le produit fini

Selon les résultats des analyses microbiologiques du produit fini, nous avons noté l'absence des germes tels que les levures et moisissures ainsi que les bactéries lactiques, mais également les bactéries aérobies. Cela peut confirmer l'efficacité du traitement thermique (flash pasteurisation) qui élimine tous les microorganismes susceptibles d'être présentés avant pasteurisation. A noter que le jus de fruit analysé a un pH acide, ce qui élimine les microorganismes qui ne tolèrent pas les pH acides. Ceci peut également être dû aussi à l'utilisation d'agents conservateurs alimentaire au cours de la fabrication. Au final on peut dire que le produit a une bonne qualité microbiologique qui répond à la norme et à la réglementation de l'entreprise.

IV. Analyse microbiologique au cours de fabrication et le produit fini de la ligne RB (verre)

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le produit au cours de fabrication et le produit fini de la ligne RB (verre) sont illustrés dans **Tableau V**.

Tableau V: Résultats des analyses microbiologique des échantillons analysés dans la ligne RB.

Echantillons analysé	Levure et moisissure					Bactérie lactique			Bactérie aérobie	
	Durée d'incubation					Durée d'incubation			Durée d'incubation	
	J1	J2	J3	J4	J5	J1	J2	J3	J1	J2
Bouteille avant pasteurisation	PRSC	PRSC	PRSC	PRSC	PRSC >300	PRSC	PRSC	PRSC >60	PRSC	PRSC >300
Bouteille après pasteurisation	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS

IV.1 Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Les résultats du dénombrement des levures et moisissures dans le produit fini de la ligne RB montrent une présence de ces germes (>300 UFC/ ml du jus) avant pasteurisation tunnel, tandis qu'une absence totale des germes après la pasteurisation tunnel du même produit est notée. Les résultats d'incubation pour chaque cas sont présentés dans la **Figure 13**

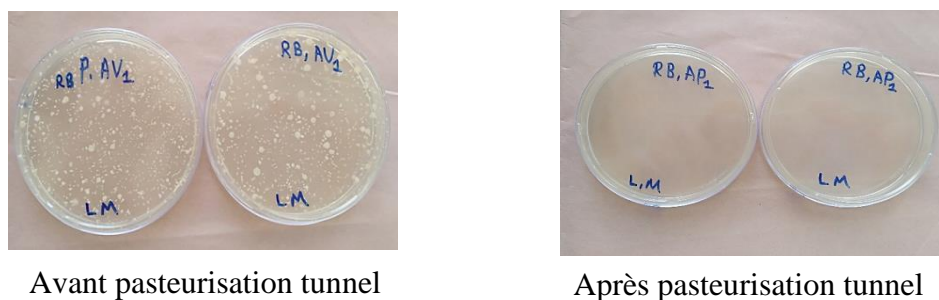


Figure 13: Résultats d'analyse microbiologique des levures et moisissures sur le milieu YGC de la ligne RB

Les résultats obtenus reflètent l'efficacité du traitement thermique appliquée sur cette chaîne (pasteurisation tunnel) dans la destruction de ces germes (levure et moisissure).

IV.2 Recherche et dénombrement des bactéries lactiques

Le dénombrement des bactéries lactiques dans le jus Tchina emballé dans des bouteilles en verre (**Fig. 14**) indique la présence de ces microorganismes (>60 UFC/ml du jus) avant la pasteurisation tunnel. Cependant, une absence totale de ces germes après la pasteurisation est notée. Ceci est dû à l'efficacité du traitement thermique (pasteurisation tunnel) sur les bactéries lactiques.

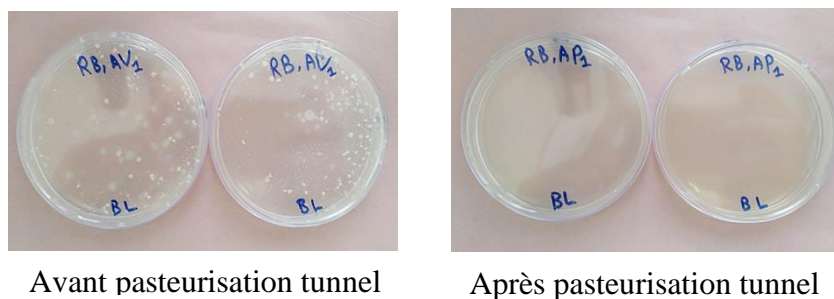


Figure 14: Résultats d'analyse microbiologique des bactéries lactiques sur le milieu MCL de la ligne RB

IV.3 Recherche et dénombrement des bactéries aérobies

Avant la pasteurisation tunnel nous avons remarqué une charge indénombrable (**Fig.15**) des germes aérobies (qui est > 300 UFC/ ml du jus). Cependant, après la pasteurisation tunnel une absence totale de ces germes est notée. Ce qui confirme l'efficacité de la pasteurisation tunnel sur la destruction des germes aérobies.

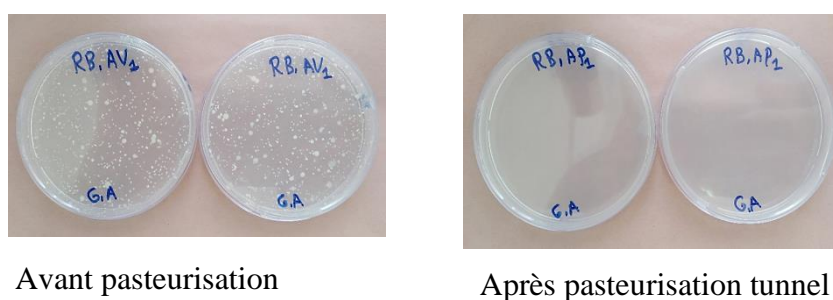


Figure 15: Résultats d'analyse microbiologique des bactéries aérobies sur le milieu PCA de la ligne RB

V. Paramètres des traitements thermiques

Selon la fiche technique fixée par l'entreprise sur le barème de traitement thermique, et les consignes données par les opérateurs de l'unité pour les deux machines (tunnel et flash pasteurisateur), le traitement thermique est divisé en quatre compartiments (préchauffage, chambrage, pré-refroidissement, refroidissement) avec une spécificité de couple temps-température pour chaque compartiment et types de machine.

Les barèmes de traitement thermique couple (température-temps) du pasteurisateur tunnel et celui flash sont illustré dans la **figure 16** ci-dessus et sont présentés dans l'**annexe III**.

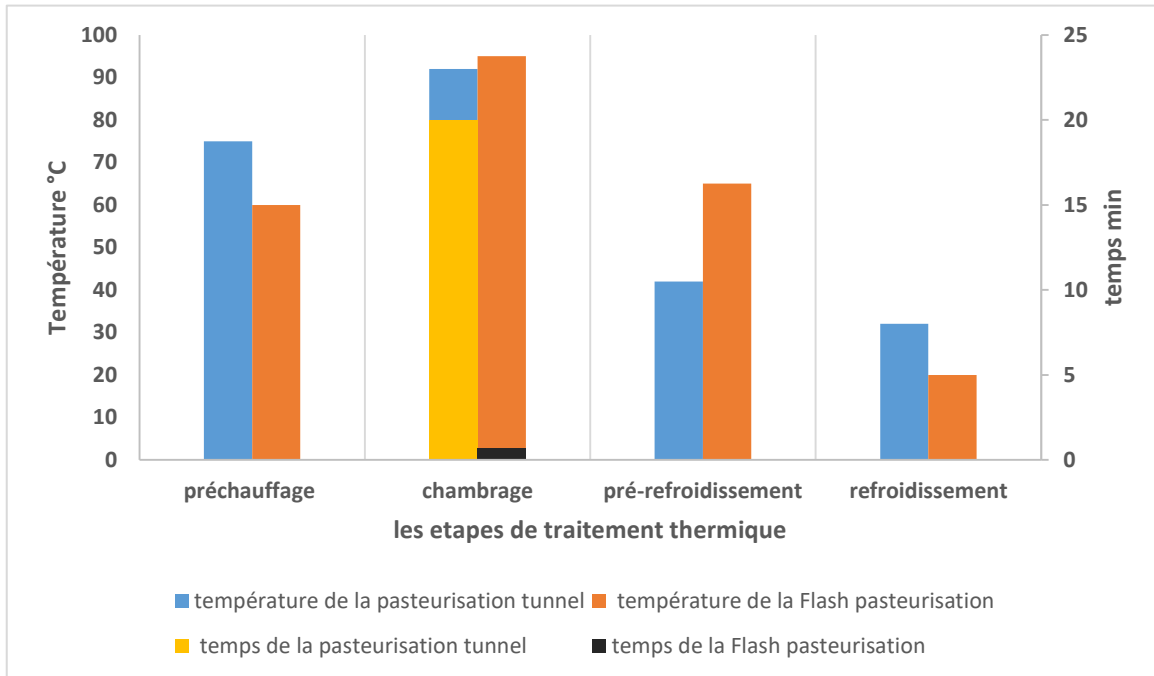


Figure 16: Différentes étapes de traitement thermique

L'historique représenté dans la figure 16, aborde les différentes étapes de traitement thermique utilisées dans la pasteurisation tunnel et celle flash en fonction du couple temps température.

- Dans la première étape qui est le préchauffage, nous remarquons que la température utilisée dans la pasteurisation tunnel est de 70°C, bien que celle-ci soit de 60°C pour la pasteurisation flash.
- Dans le chambrage qu'est une étape essentielle, nous notons que la température utilisée en pasteurisation tunnel est de 92°C maintenue pendant 20 min. Tandis que celle-ci est de 95°C pendant seulement 40 secondes dans la pasteurisation flash.
- Dans l'étape de pré-refroidissement, la température utilisée est de 42°C et 65°C dans la pasteurisation tunnel celle Flash respectivement.
- En fin, dans la dernière étape qui est le refroidissement nous remarquons que la température utilisée dans la pasteurisation tunnel est de 32°C et est de 20°C dans la pasteurisation flash.

Ces différentes températures des quatre étapes de traitement thermique entre la pasteurisation tunnel et celle flash, et la différence du temps dans la deuxième étape, est expliquée par le type du traitement appliqué. En effet, dans la pasteurisation tunnel le traitement se fait sur le produit et sur l'emballage en même temps (la pasteurisation contenu-contenant) alors que dans la pasteurisation flash le traitement se fait seulement sur le produit.

VI. Calcule du nombre d'unités de pasteurisation

Pour calculer le nombre d'unités de pasteurisation pour une relation temps-température donnée, la formule suivante s'applique :

$$\text{Nombre d'unités de pasteurisation (PUs)} = 1,389^{(t-60)} * \text{temps en minutes}$$

✓ **Pasteurisation tunnel** (Le produit est maintenu pendant 20 minutes à 92°C)

$$\text{Nombre de PUs} = 1,389^{(92-60)} * 20$$

$$= 1,389^{32} * 20$$

$$= 63852,616 * 20$$

$$= 737058,330 \text{ PU}$$

✓ **Flash pasteurisation** (Le produit est maintenu pendant 40 secondes (0,66 minutes) à 95°C)

$$\text{Nombre de PUs} = 1,389^{(95-60)} * 0,66$$

$$= 1,389^{35} * 0,66$$

$$= 98759,435 * 0,66$$

$$= 65181,227 \text{ PU}$$

Le tableau VI collectionne les barèmes et les unités de la pasteurisation (flash et tunnel) appliquée aux deux lignes de production (RB, PET) de l'usine de fabrication du jus Tchina (Elkseur).

Tableau VI : Détermination de nombre d'unité de pasteurisation (flash et tunnel) appliquée aux deux lignes de production du jus Tchina (RB, PET).

Paramètre	La ligne RB (pasteurisation tunnel)	La ligne PET (flash pasteurisation)
Température (°C)	92	95
Le temps	20 min	40 secondes
Unité de pasteurisation	737058,330	65181,227

Nous remarquons d'après le tableau VI que le nombre d'unité de la pasteurisation flash (65181,227) est suffisamment inférieur à celui de la pasteurisation tunnel (737058,330). Cela due aux barèmes (temps /température) du traitement approuvé dans l'usine de fabrication.

Le nombre élevé d'unités de pasteurisation tunnel du jus est nécessaire car il s'agit d'une pasteurisation contenu-contenant (La pasteurisation en emballage), et aucun agent de conservation n'est utilisé, on outre au nombre élevé de micro-organismes d'altération présent dans le produit avant pasteurisation. Tandis que le nombre le moins élevé d'unité de pasteurisation flash est suffisante vu les conditions aseptiques de processus de la fabrication et l'utilisation des agents conservateurs avant et après la flash pasteurisation. Ce qui minimise la charge microbienne avant pasteurisation et assure la qualité de produits fini.

Conclusion

Conclusion

Dans l'industrie agro-alimentaire, la qualité et la stabilité des produits sont devenues des normes importantes et des exigences incontournables pour les entreprises, confrontées à une concurrence de plus en plus sévère.

L'étude réalisée au sein de l'unité de production « Tchina , Cevital » sur les deux lignes de productions (PET et verre : RB) avait pour objectif de comparer entre les traitements thermiques, (flash pasteurisation de la ligne PET et la pasteurisation tunnel de la ligne RB), en d'autre terme il s'agit de comparer entre les barèmes de pasteurisation couples (temps / température) et leur influence sur les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des produits au cours de fabrication et les produits finis des deux lignes du production du jus « Tchina ».

Les résultats des différentes analyses physicochimiques effectuées sur les sirops avant et après flash pasteurisation et les produits semi fini et celui fini de la ligne PET ainsi que les produits avant et après pasteurisation tunnel de la ligne RB, affirment que la pasteurisation (flash et tunnel) assure la stabilité physico-chimique du jus. Et que l'opération d'homogénéisation augmente la viscosité du sirop (ligne PET). Bien que l'augmentation du volume d'eau dans le produit serve à ajuster la valeur de °Brix pour qu'il soit conforme aux normes fixées par l'usine de production.

Les résultats des différentes analyses microbiologiques sur tous les échantillons des produits issus du procédé de fabrication (du sirop avant et après flash pasteurisation ainsi que le produit dans le mixeur pour la ligne PET et le produit avant pasteurisation tunnel pour la ligne RB) et le produit fini des deux lignes ont montré l'efficacité de traitement qui est mis en œuvre dans l'usine vis-à-vis de la destruction des micro-organismes et leur capacité d'empêché toutes altération microbienne de produits (jus). Ces résultats nous permettent d'affirmer qu'ils sont d'une bonne qualité microbiologique.

Les paramètres de la pasteurisation thermique (barèmes de traitement (temps / température) et le nombre d'unité de pasteurisation adopté sur les deux machines tunnel et flash pasteurisateur, sont valables et compatibles au types de pasteurisation et aux conditions de fabrication de produits.

Dans le but de compléter ce travail, il serait intéressant de faire des analyses nutritionnelles et sensorielles afin de déterminer l'effet du traitement thermique adopté sur la qualité organoleptique et nutritionnelle du jus « Tchina ».

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Anonyme 1. Contrôle de pasteurisation thermographe. (2020, 14 octobre). Rycobel.
<https://www.rycobel.com/fr/produits/controle-de-pasteurisation-thermographe>

Anonyme 2. Flash pasteurization - padovan.com.

<https://www.padovan.com/wp-content/uploads/2020/08/Brochure-Flash.pdf>

Anonyme 3. Flash pasteurization - welcome to ASBC.

https://www.asbcnet.org/events/archives/2014Meeting/proceedings/2014Proceedings/M-26_Fischer.pdf

Anonyme 4. Recording and control of the pasteurization process.

https://library.e.abb.com/public/d315870aa6bf4a33b3ed1f06c2372209/AN_RandC_016-EN_A.pdf

Anonyme 5. Machine, S. (2021, 4 février). Tunnel Pasteurizers Vs. Flash Pasteurization For Beer. Smart Machine | SMT.

<https://www.smartmachine.com/why-use-a-tunnel-pasteurizer-for-beer/>

Anonyme 6. Mesure de L'ACTIVITE de l'Eau - free.

<http://fdanieau.free.fr/cours/bts/A1/biochimie/AciviteEAU.pdf>

Anonyme 7. L'air et l'eau labswift-aw - cdn.laboandco.com.

<https://cdn.laboandco.com/novasina-aw-labswift-56546.pdf>

Anonyme 8. Site officiel cevital

<https://www.cevital.com/>

Anses. (2019). définitions relatives aux traitements thermiques.

<https://www.anses.fr/fr/system/files/GBPH2017SA0154.pdf?download=1>

Ashurst, P. R. and Hargitt, R. (2009). Ingredients in soft drinks and fruit juices. Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved, 20–59.

Ashurst, P. R. and Hargitt, R. (2009). Manufacture of soft drinks and fruit juices. In Soft drink and fruit juice problems solved (pp. 60–82). essay, Woodhead Publishing Limited.

Ashurst, P. R., Hargitt, R. and Palmer, F. (2017). Fruit Juices and Fruit Nectars. Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved, 137-144.

Références bibliographiques

Bazinet, L. and Castaigne, F. (2019). Concepts de Génie Alimentaire: Procédés Associés et applications à la conservation et transformation des aliments (2ed). Presses Polytechniques

Benamara, S et Agougou, A. (2003). Production des jus alimentaires. Technologie des Industries agro-alimentaires, édition OPU office des publications universitaires. 162 pages.

Bigelow, W. D., Bohart, G. S., Richardson, A. C. and Ball, C. O. (1920). Heat penetration in processing canned foods. Research Laboratory, National Canners Association.

Chanson-Rolle, A; Braesco1, V; Chupin, J. and Bouillot, L. (2016). Nutritional Composition of Orange Juice: A Comparative Study between French Commercial and Home-Made Juices. Food and Nutrition sciences, 7, pages 252-261.

Chillet, P. (2011). Opérations unitaires en génie biologique : Tome 2, La pasteurisation. Canopé - CRDP de Bordeaux.

CODEX STAN247. (2005). Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits. 9 Pages.

Cornier, G., Colin, D., Guihard, L., Bail, A. L., Leroy, M., Orcil, Y., Rannou, M. and Vallet, J.-luc. (1994, January 1). Etude, conception et expérimentation d'un pasteurisateur industriel pour la préparation de plats cuisinés en Cycle Court. G. Cornier.

Dias, D., Duarte, W. and Schwan, R. (2017). Methods of Evaluation of Fruit Wines. Science and Technology of Fruit Wine Production, 227-252.

Gorlier, P. and Germain, G. (1998) La viscosité et sa mesure.

<https://fr.scribd.com/doc/255356287/Viscosite-pdf>

Mohapatra, S. (2017). Sterilization and Disinfection. Essentials of Neuroanesthesia, p 929-944.

Murat, M., (2009). Nutrition humain et sécurité alimentaire. Edition Lavoisier, ISBN : 987-2-7430-1072-0.

Navellier, E. (1950). La maturité des ananas et le réfractomètre à main. Fruits d'Outre-Mer, 5(11).

Références bibliographiques

Nout, M. J. R., Hounhouigan, J. D., Boekel, M. A. J. S. and van Boekel, M. A. J. S. (2003). Les aliments. Macmillan Publishers.

Pavel Jonáš. (2009). Modelling and Control of Tunnel Pasteurizers (THESIS).

Sallets, P. (2016). Les méthodes de transformation et conservation. Itinéraires BIO.

Smelt, J. P. P. M. and Brul, S. (2014). Thermal Inactivation of Microorganisms. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(10), 1371-1385.

Stewart, G. G. and Priest, F. G. (2006). Handbook of Brewing, Second Edition (Food Science and Technology) (2^e éd.). CRC Press.

Tchango J. (1996). Qualité microbiologique des jus et nectars de fruits exotiques croissance et thermoresistance des levures d'altération. Thèse de doctorat en Microbiologie. L'université des sciences et technologies, Lille, 217

Annexes

Annexe I : Présentation et localisation de l'entreprise

Présentation de l'organisme d'accueil

Le groupe Cevital est une entreprise privée en la forme légale d'une société par Actions (SPA). Elle a été créée en MAI 1998 par des fonds privés, dont les actionnaires principaux, Mr ISSAD REBRAB et ses fils. Elle est parmi les premières entreprises privées algérienne à avoir investi dans des secteurs d'activités diversifiées, elle représente le fleuron de l'économie algérienne (**Anonyme 8**).

Cevital Agro-industrie, a plusieurs activités, et parmi elles celle qui se trouve au niveau de la commune d'El-Kseur (Bejaia) ; où on trouve l'unité de production du jus de fruits COJECK qui a été rachetée par le groupe CEVITAL dans le cadre de la préservation des entreprises publiques algériennes en novembre 2006 (**Anonyme 8**).



Figure 1: Carte géographique de la position de cevital unité De-Elkseur (Google Maps)

Annexe II : Tableau des résultats des analyses physicochimiques**Tableau I**: Résultats des analyses physicochimiques des produits au cours de fabrication et produit fini de la ligne (PET).

Paramètre produits	Sirop avant flash pasteurisation			Sirop après flash pasteurisation			Produits dans le mixeur			Produits fini		
	Nombres des testes			Nombres de testes			Nombre de testes			Nombres de testes		
	Ts1	Ts2	Ts3	Ts1	Ts2	Ts3	Ts1	Ts2	Ts3	Ts1	Ts2	Ts3
ph	2,88	2,88	2,88	2,90	2,90	9,90	3	3	3	3,09	3,09	3,09
Moyenne	2,88			2,90			3			3,09		
Acidité (g/l)	8,96	8,96	8,96	6,91	6,91	6,91	2,56	2,56	2,56	2,75	2,75	2,75
Moyenne	8,96			6,91			2,56			2,75		
Brix (°B)	40,3	40,2	40,2	33,5	33,5	33,5	12,8	12,6	12,6	12	12,1	12,2
Moyenne	40,23			33,5			12,66			12,1		
Aw	0,935	0,935	0,935	0,951	0,951	0,951	0,965	0,965	0,965	0,964	0,964	0,964
Moyenne	0,935			0,951			0,965			0,964		
Viscosité (cp)	50	70	50	114	150	130	9,40	7,20	6,40	9,50	7	6,50
Moyenne	56,66			131,33			7,66			7,66		

Annexe III : Les barèmes de traitement thermique couple (température-temps) du Pasteurisateur tunnel et flash.

Tableau II: Les barèmes des différents traitements thermiques couples (temps température) de la pasteurisation tunnel et flash.

Etapas	Flash pasteurisateur		Tunnel pasteurisateur	
	température	Temps	température	temps
Préchauffage	60°C	/	70°C	/
chambrage	95°C	40 (s)	92°C	20 (min)
Pré-refroidissement	65°C	/	42°C	/
Refroidissement	20°C	/	32°C	/

Annexe IV : Tableau des normes des produits finis du jus

Tableau III : Les normes des paramètres physico-chimique des produits fini du jus Tchina des lignes PET et RB.

Paramètre	unité	Ligne PET	Ligne RB
Brix	°Brix	11,5 (\pm 0.5)	12,7 (\pm 0,7)
Acidité	g/l	3,2 (\pm 0,3)	2,8 (\pm 0,4)
pH	/	3,3 (\pm 0,3)	3,1 (\pm 0.3)

Annexe V : Composition des milieux de culture

Le milieu YGC (gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol)

Extrait de levure.....	5,00 g
Glucose	20,00 g
Chloramphénicol	0,10 g
Agar	15,00 g
Ph final à 25°C	6,6 ± 0,2

Le milieu PCA (Plate Count Agar)

Peptone de caséine.....	5,00 g
Extrait de levure	2,50 g
Glucose	1,00 g
Agar	15,00 g
pH	7,0 ± 0,2

Le milieu MCL (McClusky)

Sucre roux.....	100 g
Extrait de levure.....	5 g
Peptone	10 g
Agar Agar	13 g
pH	6.6 ± 0.2

Résumé

Ce travail a été mené dans le but de comparer entre la pasteurisation flash (appliquée pour le PET) et la pasteurisation tunnel (appliquée pour le verre ou RB) du jus « Tchina », au niveau de l'unité de production Elkseur (Cevital).

Les analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées sur les produits au cours de fabrication et sur les produits finis des deux lignes (RB et PET), avant et après la pasteurisation. En outre, les paramètres de traitement thermique ont été identifiés et les nombres d'unité pasteurisatrice du tunnel et flash pasteurisateur ont été calculés. Les résultats des analyses effectuées révèlent une stabilité physicochimique des produits et une bonne qualité microbiologique. En revanche le nombre d'unité de la pasteurisation flash est suffisamment inférieur à celui de la pasteurisation tunnel ce qui est compatible au type de pasteurisation et les processus de fabrication du jus

Mots clés : Pasteurisation Tunnel, Pasteurisation Flash, Jus Tchina, analyse physicochimique, analyse microbiologique, Unité Pasteurisatrice.

Abstract

This work was conducted in order to compare between flash pasteurization (applied for PET) and tunnel pasteurization (applied for glass or RB) of juice "Tchina", at the production unit Elkseur (Cevital).

The physicochemical and microbiological analyses were carried out on the products during manufacture and on the finished products of the two lines (RB and PET), before and after pasteurization. In addition, the parameters of thermal treatment were identified and the numbers of pasteurizing unit of the tunnel and flash pasteurizer were calculated. The results of the analyses carried out reveal a physicochemical stability of the products and a good microbiological quality. On the other hand the number of unit of the flash pasteurization is sufficiently lower than that of the tunnel pasteurization what is compatible with the type of pasteurization and the processes of manufacture of the juice.

Key words: Tunnel Pasteurization, Flash Pasteurization, Tchina Juice, physicochemical analysis, microbiological analysis, Pasteurization Unit.