



Université Sidi Mohamed Ben Abdelah
Facultés des Sciences et Techniques Fés



Rapport de Projet de Fin d'étude :

Réduction de la dégradation des composants de jus après pasteurisation et au cours du stockage

Cycle d'ingénieur d'état en Industrie Agroalimentaire

2016/2017

Réalisé par :

M.Taai Zine Elabidine

Encadré par :

Mme.Houria Mesbahi (FST Fes)

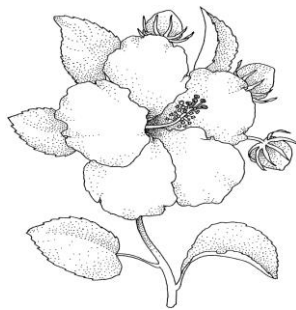
M.Mustapha Ouifak (AJP)

Soutenu le 21/ 06 / 2017 devant le jury Composé de :

- Mme.Houria Mesbahi
- M.Abderrahim lazraq
- M.Lhadi Elmcharfi

Dédicaces

<<La famille est une richesse incroyable, ça donne des outils pour pouvoir affronter les moments extraordinaires les moments les plus difficile, les hauts, les bas>>



Je dédie ce rapport à.....

Mes chers parents

Mon père Taai Mly M'hamed qui était et qui restera l'exemple de ma vie et ma mère Mekkaoui Alaoui Fatima la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui ne cesse pas de m'encourager et prier pour moi..

A l'âme de mon grand père Taai mly Driss et ma grand-mère Harrane Lala Batoul,
Mes grand-parents maternels Mekkaoui alaoui Sidi Mohmed et Harrane lala Hachmia et
tous mes oncles et tantes

Mes chers sœurs Charifa et Soumia et mon frère Mly Driss qui ont été un soutien moral
durant toutes les années d'étude.

Et à tous mes amis et camarades du cycle Ingénieur d'état en Industrie Agroalimentaire
FST Fès.

Remerciements

Tout d'abord je remercie Mr Abobaker Belkora Président Directeur Général de Agro juice processing et Mr Ibrahim Belkora Directeur Général de la Société qui m'ont donné l'occasion de passer mon stage dans une société qui a une grande valeur dans le domaine de l'industrie Agroalimentaire et partant dans l'économie marocaine.

Je remercie Mr Mustapha Ouifak le responsable de contrôle de qualité ainsi que l'équipe de contrôle de qualité, et tout le personnel de l'usine qui n'ont pas cessé de me donner toutes les informations dont j'avais besoin.

Je tiens à remercier également Mr Mohamed Benkhaled qui m'a facilité l'accès à cette société.

Je remercie Mme Houria Mesbahi pour son encadrement dans la réalisation de mon rapport

Enfin je remercie tous mes professeurs de la filière Cycle d'ingénieur d'état en Industrie Agroalimentaire de la FST-Fès sans exception pour leurs efforts durant toutes les années d'étude afin de nous donner une formation complète et utile pour notre avenir.



Filière Ingénieurs IAA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat

Nom et prénom: Taai Zine Elabidine

Année Universitaire : 2016/2017

Titre: Ingénieur d'état en industrie Agroalimentaire

Résumé

Les composants ajoutés lors de la fabrication de jus à base de concentré jouent un rôle essentiel dans la conservation de jus et répondent aux besoins nutritionnels, mais ces composants restent menacés par la dégradation due à plusieurs facteurs. La température est l'un des principaux facteurs entraînant cette dégradation.

Le but de mon stage est la diminution de la dégradation des composants des jus, provoquée par la température, après pasteurisation et au cours du stockage.

Mon travail est divisé en deux parties :

- La première partie est un suivi physicochimique et microbiologique des jus produits par l'AJP au cours du stockage à différentes températures (4°C, 25°C, 37°C, 55°C et à la température ambiante du laboratoire pendant deux mois. Ce suivi a pour but d'évaluer la variation de la teneur en ces composants en fonction de la température du stockage. Et enfin la détermination de la température adéquate pour maintenir la stabilité du produit au cours du stockage.

- La deuxième partie consiste, également, en un suivi physicochimique et microbiologique du produit avant et après pasteurisation, à température et temps initiaux donnés (95°C-30s). Ce suivi permettra de déterminer la variation de la teneur des composants des jus pendant la pasteurisation à ce couple de temps-température.

Le deuxième objectif de ce travail est de chercher les conditions optimales (température et temps de pasteurisation) qui permettent de diminuer au minimum la dégradation des composants des jus et d'atteindre la stérilité commerciale exigée.

Liste de Figures

Figure 1 : Classement de la consommation de jus et nectars par les Européens en 2014 d'après	9
Figure 2 : Structure chimique acide ascorbique.....	11
Figure 3 : Courbe du suivi de la destruction thermique des microorganismes.....	13
Figure 4 : Détermination de D_T graphiquement	14
Figure 5 : Courbe de destruction thermique de microorganismes à différentes température	14
Figure 6 : Bain marie (échelle pilote de pasteurisation).....	18
Figure 7 : Courbe de variation du pH au cours du stockage.....	20
Figure 8 : Courbe de variation du Brix au cours du Stockage	21
Figure 9 : Courbe de variation de la teneur de l'acide citrique au cours du stockage.....	22
Figure 10 : Courbe de variation de la teneur de l'acide ascorbique au cours du stockage....	23
Figure 11: Dégradation Anaérobie de l'acide ascorbique (Vitamine C).....	24
Figure 12 : Evolution des paramètres physicochimiques et microbiologiques de jus lors d'une pasteurisation à 80°C	26
Figure 13 : Courbe des suivis physicochimique et microbiologique de jus au cours de la pasteurisation à 85°	28
Figure 14 : Courbe de comparaison de la variation des paramètres physicochimiques et microbiologiques de jus après pasteurisation pour différents couples Temps-Température	30

Liste des tableaux

<u>Tableau 1 : Résultat du suivi physicochimique du produit fini au cours du stockage à différentes températures</u>	19
<u>Tableau 2 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique de jus avant pasteurisation</u>	25
<u>Tableau 3 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique de jus après pasteurisation pour le couple 95°C-30s</u>	25
<u>Tableau 4 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique lors de la pasteurisation à 80°C</u>	26
<u>Tableau 5 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique de jus au cours de la pasteurisation à 85 °C</u>	27
<u>Tableau 6 : Paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit après pasteurisation pour le couple Temps-Température 85°C-60S</u>	29
<u>Tableau 7 : Comparaison entre le jus avant pasteurisation et après pasteurisation pour les couples température-temps e, 95°C-30s, 85°C-60s, 80°C-120s</u>	29

Sommaire

Dédicaces.....	i
Remerciements.....	ii
Resumé.....	iii
Liste de Figures.....	iv
Liste Tableaux.....	v
Liste d'abréviation.....	vi

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

Présentation de l'entreprise

1-Généralité sur AJP :	2
2-Fiche signalétique	4
3-Organigramme :	4
4-Capacité de production :	5
5-Qualité et sécurité Alimentaire	5
I-Jus :	6

Etude Bibliographique

1-Généralité sur le jus :	6
2-Diagnostique du marché de jus mondial :	7
3-Composition de jus fruité à base de concentré :	9
3-1- Acide citrique	9
3-2- Acide ascorbique (Vitamine C) :	10
3-3-Pectine :	10
3-4-Sucre :	10
4-5-Arome :	10
II-Procédé de fabrication :	11
1-Traitement d'eau :	11
2-Mélange des ingrédients :	11
3-Pasteurisation	12
4- Conditionnement :	12
5- Stockage du produit fini :	13

III-Généralités sur les traitements thermiques :	13
1- Pasteurisation, Stérilisation:	13
2-Cinétique de la destruction thermique des microorganismes :	13
2-1-Facteur temps	13
2-2- Facteur de température :	14

Matériel et méthodes

I-Objectif :	16
II-Suivi des paramètres physicochimiques:	16
2-pH :	16
3-Dosage de l'acide citrique :	16
4-Dosage de l'acide ascorbique (Vitamine C):	17
II-Suivi des paramètres Microbiologiques :	18
1-Suivi microbiologique du produit fini lors du Stockage :	18
2-Suivi microbiologique de jus au cours de la pasteurisation à 80 °C et 85°C :	18
I-Résultats du suivi physicochimique et microbiologique du produit fini lors du stockage:	20
1-Analyse et interprétation des résultats :	20
2- Conclusion :	25
II- Résultats de l'optimisation de la température de pasteurisation :	25
1-Analyse et interprétation des résultats :	25
A) Résultats de jus avant pasteurisation :	25
B) Résultats du suivi physicochimique et microbiologique barème Temps-Température existant 95°C-30s :	25
C) Résultats du suivi physicochimique et microbiologique Température de pasteurisation 80°C :	26
D) Résultats du suivi physicochimique et microbiologique traitement à une température de pasteurisation 85°C :	28
E) Conclusion :	30
CONCLUSION	33
Perspectives	34

Introduction

Le jus de fruits est un produit agroalimentaire très consommé dans le monde entier avec une moyenne de 24 l par personne/an. Cette consommation est accompagnée d'une augmentation de l'industrialisation de ce produit pour satisfaire les besoins des consommateurs.

La production du jus industriel se fait de deux manières : soit par pressage directe de fruit ou à base de concentré. Cette dernière méthode nécessite l'ajout de plusieurs composants pour des besoins gustatif, nutritionnel ou conservatif du produit, tels que l'acide citrique, l'acide ascorbique, le sucre, la pectine..... etc.

Certains de ces composants ne sont pas stables lors du stockage ou lors du processus de transformation du produit. Leur instabilité est due à plusieurs facteurs comme l'air, la lumière ou la température.

La chaleur reste un problème majeur provoquant la dégradation des composants de jus soit pendant le stockage ou après la pasteurisation, d'où la nécessité pressante de trouver une température adéquate de stockage et de pasteurisation afin de minimiser les pertes de ces composants.

Le stage a été effectué au sein de la société Agro juice processing(AJP) qui produit la marque VALANCIA. L'objectif de ce stage est le suivi de la variation de la teneur des composants de jus, avant et après pasteurisation, et au cours du stockage à différentes températures et de proposer des solutions pour la minimisation de la dégradation de ces composants.

Présentation de l'entreprise

1-Généralité sur AJP :

Agro Juice Processing (AJP) est une société qui a été créée dans un objectif de l'innovation dans la production de jus, elle a démarré ses activités en juin 2011 à Meknès. L'entreprise s'est vite fait remarquer par la commercialisation de jus sous la marque Valencia.

Cette nouvelle entreprise innove de façon continue en créant des produits sains et équilibrés qui répondent aux besoins et aux attentes des consommateurs.

Lancée en juin 2010, la construction de l'usine a été réalisée en un temps record (12mois).S'étalant sur une superficie de trois hectares, l'unité industrielle aura nécessité une enveloppe globale de 22millions de dirhams, dont une première tranche de 140 millions. La seconde tranche a été lancée au cours de 2013. A la clé, 140 emplois qualifiés et 200 autres postes ont été créés en été 2012.

L'AJP a noué un véritable partenariat avec le géant mondial TetraPack, qui a entièrement équipé l'usine ce qui représente un avantage en termes de performance. L'unité industrielle est dotée, de ce fait, des plus récentes technologies d'asepsie.

En effet, l'usine bénéficie de l'expertise de son partenaire majeur <<TetraPak>>, leader mondial de l'asepsie de l'emballage avec 80% de la part du marché. L'usine applique, ainsi, les technologies les plus modernes en termes d'équipements de production, de conservation et de distribution.

AJP produit plusieurs jus illustrés dans le tableau ci-dessous :

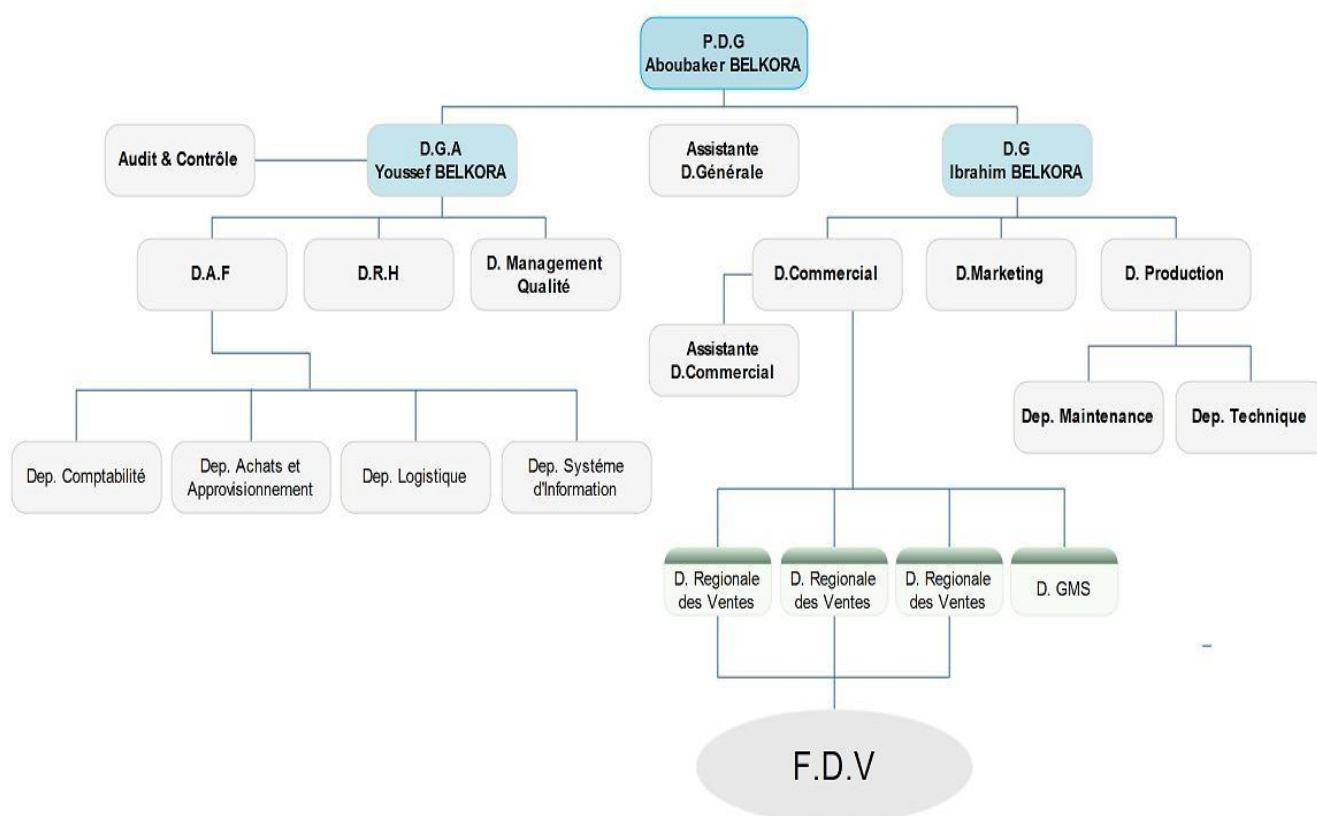
Tableau 1 : Jus produits par l'AJP

Valencia			
Nectar orange	Orange 	pêche 	
	Grenade 	Ananas 	

	Orange mangue 	Panaché 7 fruits 
	Panaché 	Mangue 
Jus au lait	Pêche 	Mangue orange 
	Panaché 9 fruits 	
Jus au chocolat		

2-Fiche signalétique

Date de création	2011
PDG	Mr. BELKOURA Aboubakr
Produit commercialisé	Valencia
Marché de service	Local
Certification	ISO 22000, HACPP, FSSC2200
Patente	30571
Forme juridique	S.A.R.L
Adresse	Résidence NOURIA IMM D N° 26 lot de patrouilleuse NV 50000 MEKNES

3-Organigramme :

4-Capacité de production :

La plantation contient deux lignes de production capables de traiter près de 24000 litres par heure. La première ligne est la production du jus de 1 litre avec une capacité de 7000 litres par heure ou 7000 paquets par heure. La deuxième ligne de la production de paquets de jus de 200 et 125 ml a une capacité de 9000 paquets par heure.

5-Qualité et sécurité Alimentaire :

Consciente de l'importance de la sécurité alimentaire, la société a développé un plan stratégique qui met l'accent sur le thème alimentation. L'AJP est dotée d'une variété de matériaux qui lui permettent d'intégrer toutes les normes et les dimensions de l'hygiène et la sécurité : ISO 22000 ET HACCP.

Etude bibliographique

I-Jus :

1-Généralité sur le jus :

Les jus de fruits sont des boissons obtenues à partir de fruits, ils présentent naturellement de nombreuses qualités nutritionnelles. Ils contiennent une large gamme de nutriments présents dans les fruits (potassium, vitamines C et B9 et caroténoïdes). Les jus de fruits, en particulier le jus de raisin, vit le jour en 1904 dans les établissements CHALLAND à Nuits-St-Georges pour pallier les excédents de vin.

Aujourd'hui ; il existe plusieurs types de jus de fruits :

-Le jus de fruits ordinaire :

Le jus de fruits est un produit obtenu à partir de fruits sains et mûrs, frais ou conservés par le froid, d'une espèce ou de plusieurs espèces en mélange possédant la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques des fruits dont il provient.

-Le jus de fruit concentré :

Le jus de fruit concentré est obtenu à partir de jus de fruits d'une ou de plusieurs espèces par l'élimination physique d'au moins 50 % de l'eau de constitution.

Le jus de fruits à partir de concentré

Le jus de fruits obtenu à partir d'un concentré est obtenu en remettant dans le jus de fruit concentré, l'eau extraite des jus lors de la concentration. De plus, sont restitués les arômes voire les pulpes et les cellules que le jus a perdus mais qui ont été récupérés lors du processus de production du jus de fruits (ou de jus de fruits de la même espèce). L'eau ajoutée doit présenter des caractéristiques appropriées, de façon à garantir les qualités essentielles du jus.

Le jus de fruits déshydraté

Le jus de fruits déshydraté/en poudre est obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution.

Le nectar de fruits

Le nectar de fruits, contrairement au jus de fruits et aux catégories ci-dessus énumérées, est obtenu en ajoutant de l'eau et des sucres et/ou du miel à : un jus de fruits ; un jus de fruits à base de concentré ; un jus de fruit concentré ; à de la purée de fruits ou à un mélange de ces produits.

Toutefois, il est prévu une teneur minimale en fruits (qu'ils soient en jus ou purée), pour exemples : 25 % minimum pour un nectar de fruits de Grenadille ou de cassis ou encore de bananes ; 40 % pour un nectar d'abricots ou de fraises ou de framboises ; 50 % pour un nectar de poires ou de pommes ou encore de pêches.

L'étiquetage doit comporter l'indication de la teneur minimale en jus de fruits, en purée de fruits ou en mélange de ces ingrédients par la mention «teneur en fruits: ... % minimum». <4>

2-Diagnostique du marché de jus mondial :

Les États-Unis sont les premiers consommateurs de jus de fruits au monde avec 35,7 litres par personne/an. Le marché compétitif, mais fragmenté avec plus de 1000 marques.

Coca-Cola Co est le leader des fabricants de jus de fruit aux USA, avec ses marques Minute Maid, Simply et Odwalla. Selon les statistiques, les jeunes américains de 20 à 30 ans sont les plus grands consommateurs de jus de fruits frais.

Les pays développés consomment en général plus de jus conditionnés naturels (pur jus) ou reconstitués, que les pays en développement, où les boissons gazeuses et autres boissons fruitées à faible teneur en fruit sont davantage consommés, pour des raisons de coûts.

L'Union Européenne demeure le premier marché pour la consommation des jus et nectars de fruits, avec une consommation totale de 113 millions d'hectolitres selon les chiffres de l'année 2009. Elle se positionne devant l'Amérique du Nord avec 95 millions d'hectolitres et l'Asie avec près de 80 millions d'hectolitres.

Les Français et les Autrichiens sont le 5^{ème} plus grand consommateur de jus de fruits et nectars derrière les Norvégiens, les Allemands et les Finlandais (*Figure 1*)

Classement de la consommation de Jus et nectars par les Européens en 2014, d'après Bonial	
PAYS	LITRES PAR HABITANTS
Norvège	32
Allemagne	31
Finlande	28.3
Autriche	25
France	25
Suède	24.5
Suisse	24.3
Espagne	20.8
Estonie	20.5
Royaume unie	20
Belgique	20
Danemark	19.9
Pologne	17.5
Slovénie	16
Letonie	14
Grèce	12.7
Italie	11.8
Lituanie	11
Portugal	10
Hongrie	9.2
Bulgarie	9
Rep. Tchèque	8.7
Slovaquie	6.3
Roumanie	3

Figure 1 : Classement de la consommation de jus et nectars par les Européens en 2014 d'après Bonial

En Afrique, Ivorio en Côte d'Ivoire, Délicio au Burkina Faso, Bravo au Bénin, Tropico en Tunisie, Valencia au Maroc... Les jus de fruits africains peinent encore à dépasser le cadre de leur marché local.

Le marché des jus de fruits en Afrique est en pleine croissance en particulier au sud du Sahara avec un taux de 7 %. L'Afrique importe pour près de 400 millions de dollars de jus de fruits transformés et de fruits en conserve. Pour développer leur marché, les entreprises productrices de jus de fruit doivent améliorer leurs procédés de transformation et la qualité des produits finis en adoptant des bonnes pratiques de production et d'hygiène, pour que les consommateurs soient rassurés sur l'innocuité des produits. Les possibilités d'exportation sont limitées en raison du prix des fruits souvent élevé en Afrique de l'Ouest, des difficultés de transport et des barrières réglementaires. La vente en frais sur les marchés nationaux/régionaux est donc la première voie de valorisation des fruits.

Les données sur la consommation des fruits et légumes transformés sont pratiquement inexistantes. On peut cependant constater que la vente de boissons obtenues par des procédés artisanaux améliorés se développe. Elle permet de valoriser l'offre saisonnière de fruits, mais aussi d'autres produits tels que les fleurs de bissap et le gingembre, et également des produits de cueillette comme le tamarin et le pain de singe, fruit du baobab.

Au Maroc, elle n'atteint pas 5 litres par an et par habitant, contre 17 litres en Algérie, 30 en Lybie et 10 en Tunisie. Le marché marocain de la transformation de fruits compte plusieurs acteurs, parmi lesquels Citrumba, Agro Juice Processing, Juice & Nectar Partner et Moroccan Food Processing.

Le marché des jus de fruits et boissons fruitées au Maroc est estimé à 200 millions de litres, dont 50 millions produits par l'industrie. Mais la consommation de ces produits est beaucoup plus faible que dans les autres pays maghrébins. Après plusieurs années de hausse, le marché des jus de fruits a accusé en 2014 une baisse prononcée tant en volume avec un repli de 6%, qu'en valeur avec un fléchissement de 8% des ventes, avec un chiffre d'affaire global repassant sous la barre symbolique du milliard de dirhams.

Le marché des jus marocains est toujours dominé par Coca Cola avec ses marques Miami et Miami Pulpy, qui revendique 19% de parts de marché en valeur ; devant respectivement, AJP avec la marque Valencia qui se hisse à 15% ; MFP avec Al Boustane qui stagne à 13% ; Copag avec Nectary et Mon Jus, à 11% ; et l'espagnol Juver avec ses produits importées, à 7%.

On distingue 4 sociétés phares de la production des jus au Maroc :

- Juice & Nectar Partner : créée en 2006, est une entreprise spécialisée dans la transformation de fruits, notamment des jus d'agrumes et des jus concentrés bio. Son usine, installée à Casablanca, a une capacité de production estimée à 20.000 tonnes d'agrumes par an. Jusqu'à 2011, JNP produisait des jus frais qu'elle commercialisait sous la marque Fresh.

Toutefois, et en raison des changements qu'a connu le marché, la société a décidé de suspendre la ligne de fabrication de ce produit et de se concentrer sur l'activité à l'export.

- Citrumba est une société connue des marocains pour sa marque phare de jus de fruit Marrakech, elle a repris en 2007 et relancé avec un nouveau design et une gamme plus étendue. Elle offre différentes gammes de la marque Marrakech, en emballage Tetrapak et verre, en 100% Pur Jus d'Orange, et aussi en d'autres parfums, ainsi que les boissons au jus Cool. La société Citrumba est également le premier producteur de jus d'orange au Maroc et fournit les industries de boissons.

- Agro Juice Processing (AJP) : fondée en 2011 à Meknès, est une entreprise du secteur de l'industrie agroalimentaire marocaine. La société est reconnue sur le marché marocain pour son jus de fruit Valencia. Depuis sa création l'entreprise AJP a pu conquérir des parts de marché en s'alignant sur les caractéristiques communes des jus et nectars qui existent sur le marché, à savoir le prix, le look, l'emballage, les couleurs. L'entreprise dispose de sa flotte de distribution.

- Moroccan Food Processing : fondée en 1995, MFP est spécialisée dans les jus (100% pur jus, nectar et boissons), le concentré de tomates et les fruits et légumes surgelés. Elle commercialise des marques reconnues à l'international comme Al Boustane, Agadir, N'Joy et les 4 saisons. MFP produit également Forty, une boisson avec une teneur inférieure à 50% de jus d'orange et Agadir, un pur jus à 100% de jus d'orange. La marque de jus de fruit Al Boustane se taille aujourd'hui 27% de parts de marché au Maroc.

La consommation des jus au Maroc reste impactée par la saisonnalité. La période estivale et le Ramadan représentent une part non négligeable dans la consommation des jus de fruits emballés. Pour Ramadan, elle représente près de 25% des ventes annuelles. Au Maroc, les consommateurs sont plus portés sur la boisson gazeuse pour laquelle le marché est important. <8>

3-Composition de jus fruité à base de concentré :

3-1- Acide citrique :

L'acide citrique est un additif alimentaire préparé industriellement par fermentation et utilisé dans l'industrie alimentaire comme acidifiant, correcteur d'acidité, agent de levuration (c'est-à-dire une levure chimique). <7>

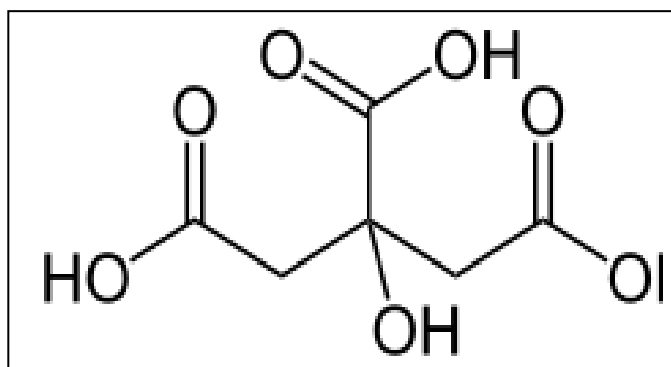


Figure 2 : Structure chimique de l'acide citrique

3-2- Acide ascorbique (Vitamine C) :

L'acide ascorbique est un cristal blanc ou légèrement jaunâtre, pratiquement inodore et à saveur acide, employé dans les préparations polyvitaminées afin d'éviter l'hypovitaminose C (par suite d'une alimentation défectueuse ou d'une sous-alimentation) ou en vue de satisfaire des exigences alimentaires déterminées. <7>

3-3-Pectine :

Les pectines sont des polysaccharides composées d'une chaîne principale d'acide uronique lié en 1-4, l'acide est appelée acide polygalacturonique.

La pectine joue un rôle structural dépendant des conditions ioniques du milieu les chaînes formées sont reliées entre elles pour constituer un réseau ou gel. Dans les jus, elle sert à gélifier le jus en formant une liaison entre le sucre et l'acide. <7>

3-4-Sucre :

Généralement le saccharose, est l'élément qui donne un goût sucré au jus. <7>

4-5-Arome :

L'arôme d'un aliment est l'ensemble des substances qui y sont présentes au moment de sa consommation et capables de passer dans le torrent gazeux respiratoire pour créer des sensations olfactives.

Les arômes d'un aliment sont :

- des substances ayant une nature chimique.
- le résultat d'un mélange de nombreuses molécules
- des molécules de faible masse moléculaire <7>

4-Influence de la température sur la composition des jus :

La recherche bibliographique sur l'influence de la température sur les paramètres physicochimiques du produit et par conséquent la composition des jus a mené à l'observation suivante : la teneur en sucre, acide citrique et pH ne subit aucun changement ou dégradation en fonction de la température, par contre l'acide ascorbique (Vitamine C) subit une dégradation par augmentation de la température

La vitamine C est l'une des vitamines les plus instables, elle se détruit facilement tant par les polluants chimiques que par la cuisson. On peut noter que :

- L'oxydation de l'acide ascorbique est favorisée par la température, la présence d'ions métalliques (fer et cuivre), et la teneur en oxygène dissous.

- La température est un autre grand ennemi de la vitamine C : une température élevée dénature l'acide ascorbique oxydase, enzyme trouvée dans les fruits et légumes. Comme cette enzyme catalyse le processus d'oxydation, la température peut servir à protéger la vitamine C. La vitamine C s'altère rapidement pendant le stockage et la préparation des aliments. <1>

II-Procédé de fabrication :

1-Traitement d'eau :

Vu que le traitement des eaux est une étape nécessaire dans la fabrication du jus, AJP a une politique qui vise à protéger l'environnement à travers l'utilisation raisonnable de toute source d'énergie.

Et pour cela AJP a fait un système de traitement des eaux de puits, pour ne pas gaspiller l'eau potable d'un côté, et d'un autre pour diminuer les frais de production.

L'eau est nécessaire aussi dans les étapes de fabrication de jus ou dans le lavage des machines et des tuyauteries.

Ce système de traitement d'eau est constitué de :

- **Un adoucisseur** : appareil qui réduit la dureté de l'eau en réduisant la quantité de calcaire (carbonates principalement de calcium et de magnésium) en suspension dans l'eau.

- **Un filtre à charbon** : élimine toute odeur, gout. Le filtre a un diamètre de 5µm

- **Un filtre à sable** : permet de retenir toutes les grains de sable et les particules incapables de passer au travers

- **Osmoseurs** : servent à purifier toute espèce en suspension dans l'eau, et éliminer toute trace de calcaire résiduelle dans l'eau.

- **Un système d'ultraviolet** : sert à tuer tous les microorganismes.

2-Mélange des ingrédients :

Après la validation des matières premières et des ingrédients par le technicien du laboratoire, l'opérateur verse les ingrédients (sucre, acide citrique, acide ascorbique, pectine, arôme). dans un appareil appelé Almix

A l'aide d'une pompe, l'opérateur retire le concentré des barils pour les mettre dans l'Almix.

Ensuite le mélange est envoyé à un tank constitué de trois éléments principaux :

- Un mixeur qui permet de mélanger le contenu
- Des filtres qui permettent de filtrer le jus.
- Un refroidisseur qui permet de garder le jus à une basse température (4°C)

3-Pasteurisation :

La pasteurisation est un procédé de conservation des aliments : ils sont chauffés à la température de 95°C pendant 30s pour les jus nectar, 140 °C pendant 4s pour les jus au lait et 100°C pendant 30s pour les jus au lait aromatisé .Il s'agit de la Flash-Pasteurisation qui permet de réduire les micro-organismes.

Cette opération se fait dans un système de pasteurisation-stérilisation appelé Flex constitué de :

- **un bac de lancement** : qui joue le rôle d'une pompe et permet le lancement du jus dans le flex,

-**un système de pasteurisation** : et de stérilisation réglable selon le besoin

-**un homogénéiseur** : qui permet d'homogénéiser le contenu du jus. La pression de l'homogénéiseur varie de 120 à 140 bars.

-**un dégazeur** : qui permet de dégager tous les gaz du jus et les bulles d'air.

-**un échangeur de chaleur**

-**un refroidisseur**

Au début, le bac de lancement déverse le jus dans le stérilisateur.

Celui ci augmente la chaleur du jus à pasteuriser pendant 30s puis il le passe dans le refroidisseur pour le refroidir;

Ensuite le jus passe à l'échangeur de chaleur qui porte le jus à l'ébullition.

Après le jus passe au dégazeur puis dans l'homogénéiseur et enfin dans le refroidisseur.

4- Conditionnement :

Une fois pasteurisé, le jus est envoyé à la salle de conditionnement qui est constituée de deux lignes:

- 1^{ère} ligne : contient une conditionneuse qui permet de remplir les briques de 1l.
- 2^{ème} ligne : contient une conditionneuse qui permet de remplir des briques de 200 ml.
- Helix: qui permet d'accumuler les paquets en toute sécurité.
- applicateur de bouchons rapide pour la première ligne
- Applicateur des pailles pour la deuxième ligne.
- une machine qui permet de placer les briques dans des cartons et dans des unités.
- un convoyeur pour un transport sûr et hygiénique des emballages.

5- Stockage du produit fini :

Le stockage du produit fini se fait dans un lieu appelé quarantaine où le produit séjourne jusqu'à la déclaration des analyses microbiologiques par le responsable de contrôle de qualité. Sur la base de leurs résultats le produit sera livré ou bloqué.

III-Généralités sur les traitements thermiques :

1- Pasteurisation, Stérilisation:

La pasteurisation est un traitement thermique à des températures comprises entre 60 et 100°C ayant pour but de détruire la totalité des micro-organismes pathogènes non sporulés et de réduire significativement la flore végétative présente dans un produit.

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).

La stérilisation est une technique de conservation des aliments constituant à éliminer tous les germes microbiens d'un aliment, y compris les spores microbiens, en le portant à haute température. Les températures appliquées resteront supérieures à 100 °C (des températures autour de 120°C en général).

2-Cinétique de la destruction thermique des microorganismes :

2-1-Facteur temps :

A) Courbe de suivi :

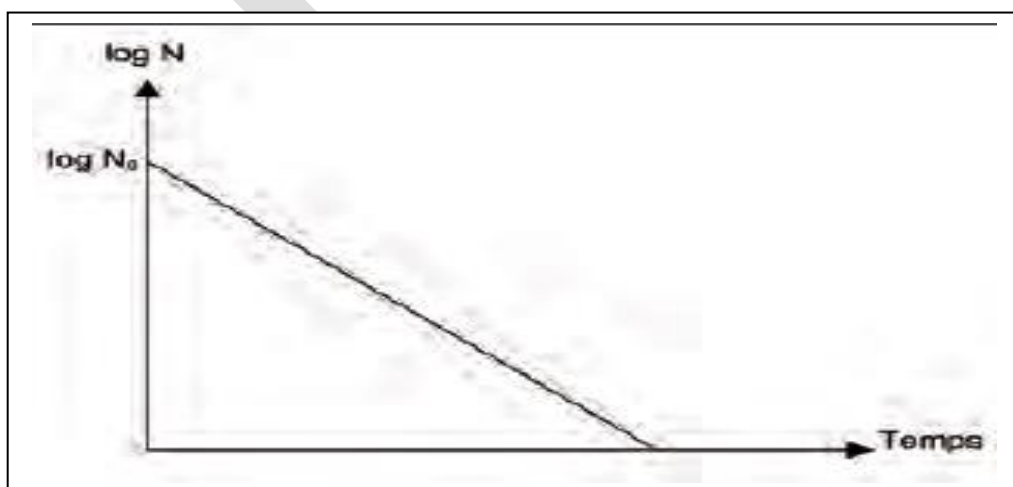


Figure 3 : Courbe du suivi de la destruction thermique des microorganismes

La relation $\log N = f(t)$ est appelée courbe du suivi ou cinétique de destruction microbienne. Cette relation est linéaire, autrement dit, les micro-organismes exposés à une température létale constante, suivent une loi de destruction d'ordre 1 en fonction du temps. Le temps nécessaire pour détruire une fraction de la population est donc indépendant de la concentration initiale en micro-organismes.

Plus le nombre initial de micro-organismes (N_0) est important, plus le temps de pasteurisation doit être long. De même, plus les micro-organismes sont thermorésistants, plus la durée de pasteurisation doit être grande. <6>

B) Temps de réduction décimal D_T :

D_T est le temps permettant de détruire 90 % des micro-organismes initiaux. En d'autres termes, c'est le temps nécessaire pour réduire d'un facteur 10 la concentration en micro-organismes à la température θ (Figure 4). <6>

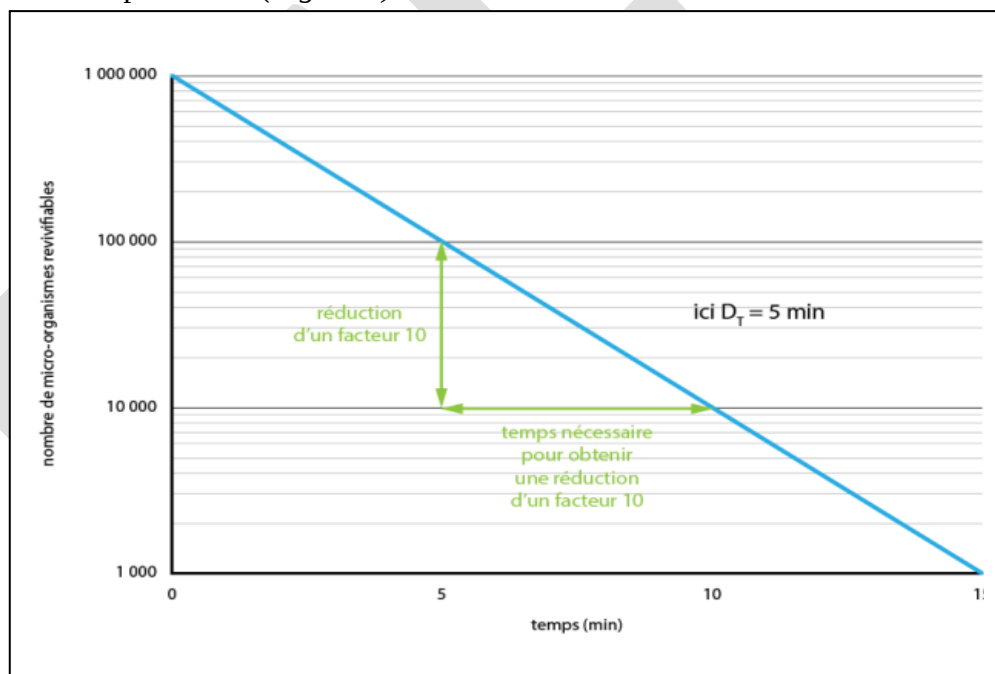


Figure 4 : Détermination de D_T graphiquement

2-2- Facteur de température :

La Figure 5 suivante représente la réduction du nombre de microorganismes par apport au temps par variation croissante de la température : <6>

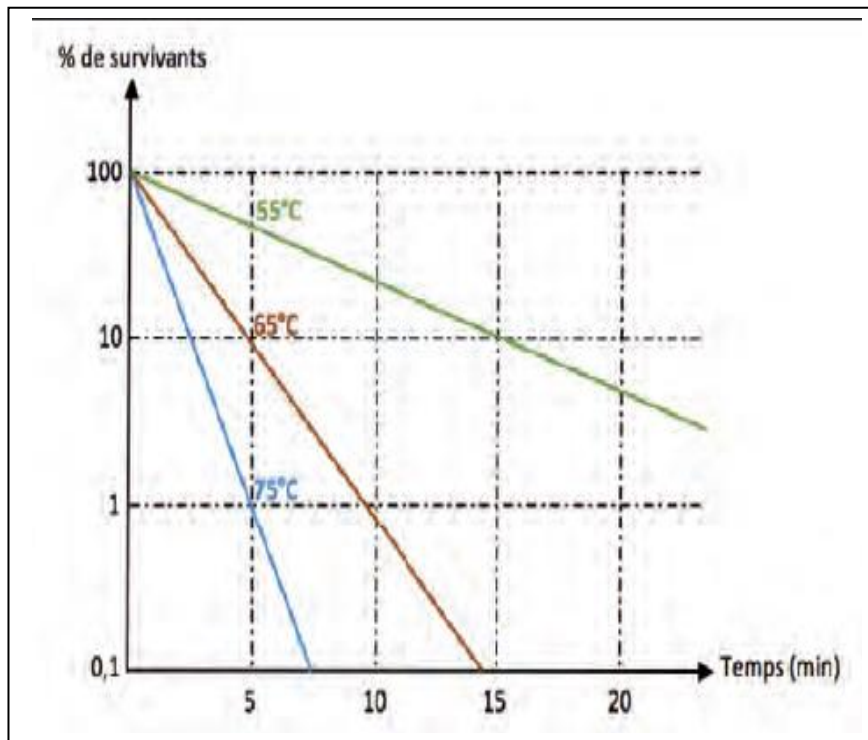


Figure 5 : Courbe de destruction thermique de microorganisme pour différentes température

Materiel et méthodes

I-Objectif :

L'objectif de ce travail est l'étude de l'influence de la température de pasteurisation et de stockage du produit fini sur les composants des jus et par la suite la recherche des solutions pour la réduction de la dégradation de ces composants.

L'étude sera divisée en deux parties :

D'abord, le suivi de la teneur des composants des jus pendant le stockage et des paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit fini pendant 2 mois à différentes températures. Ceci pour déterminer la température idéale d'entreposage du produit fini. Ensuite, l'optimisation de la température de pasteurisation pour diminuer au minimum la dégradation des composants des jus tout en conservant la stérilité commerciale exigée.

II-Suivi des paramètres physicochimiques:

Le suivi des paramètres physicochimiques a été effectué, pendant 2 mois, sur 7 échantillons du produit fini de jus d'orange placés à différentes températures : 4°C, 25°C, 37°C, 55°C, et à la température ambiante du laboratoire. L'intervalle du suivi était de 15 jours.

Un autre suivi a été, également, réalisé afin de déterminer l'influence de la température de pasteurisation sur les paramètres physicochimiques à un barème de temps-température déjà fixé : $T = 95^{\circ}\text{C}$ pendant 30 secondes. L'étude consiste à effectuer des analyses physicochimiques sur un échantillon de jus de Mangue, prélevé du tank de préparation avant pasteurisation, et sur un échantillon du produit fini après pasteurisation.

Les mêmes tests ont été faits à des températures de pasteurisation de 80°C et 85°C dans un bain marie considéré comme échelle pilote (Figure 6).

1-Brix (teneur en sucre) :

La valeur de Brix reflète la quantité de sucre dans le jus. Cette valeur est déterminée à l'aide d'un réfractomètre et en général c'est le pourcentage de la matière sèche dans l'échantillon. La détermination de valeur de Brix est mesurée à l'aide d'un réfractomètre.

2-pH:

Cette méthode est utilisée pour mesurer l'état d'acidité d'une solution contenant un acide, une base ou un mélange d'acide et de base, à l'aide d'un pH mètre.

3-Dosage de l'acide citrique :

Ce dosage nous renseigne sur l'acidité du produit.

Après préparation d'une solution de NaOH à 0,1N (Annexe 1), le prélèvement de 25ml de jus + 25 ml d'eau distillée dans un bécher, l'ajout de deux gouttes de phénophtaléine, et enfin le dosage s'effectue à l'aide d'une burette qui contient la solution de NaOH à 0.1N jusqu'au virage de la coloration du mélange vers le rose.

La formule de calcul du pourcentage de l'acidité du produit :

$$\% \text{ d'acidité} = \frac{0.1 \times V \times 0.256}{d}$$

V : Volume de NaOH versé

d : Densité de l'échantillon

N.B : la densité du jus est liée à son Brix, un tableau de conversion Brix/Densité permet de convertir le Brix en densité pour calculer l'acidité (*Annexe 2*).

Pour l'acidité en g/l :

$$\text{Acidité en g/l} = \% \text{ d'acidité} \times 10$$

4-Dosage de l'acide ascorbique (Vitamine C):

La méthode utilisée pour le dosage de l'acide ascorbique est la méthode de titrage indirecte par iodométrie. Un volume connu d'extrait des aliments est mis en présence un excès d'iode. La totalité de la vitamine C réagit avec une partie de l'iode, et l'iode restant est dosé par une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Après la préparation des solutions $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ à $5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$, I_2 à $4 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ et l'empois d'amidon (*Annexe 1*), la prise de 5ml de jus dans un bécher et ensuite l'ajout de 10ml de la solution de I_2 et quelque goutte d'empois d'amidon qui rend la coloration du mélange noir ou verdâtre, et enfin le titrage du mélange avec $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ jusqu'à ce que le mélange devient incolore.

Formule de calcul du nombre de mol de l'acide ascorbique dans les 5ml de l'échantillon :

(Démonstration de la relation *Annexe 3*)

$$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)_{\text{Total}} = n(\text{I}_2)_{\text{Total}} - \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot V_E$$

V_E : Volume de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ à l'équivalence

Formule de calcul de la masse de l'acide ascorbique pour les 5ml de l'échantillon:

$$m(C_6H_8O_6) = n(C_6H_8O_6) \text{ Total} \times M(C_6H_8O_6)$$

Formule de calcul de la masse d'acide ascorbique pour un litre :

$$m' = \frac{m \times 1000}{5}$$

m' : Formule de calcul de la masse d'acide ascorbique pour un litre

m: la masse de l'acide ascorbique pour les 5ml de l'échantillon

II-Suivi des paramètres Microbiologiques :

Les analyses microbiologiques consistent à déterminer la charge microbienne du jus. Il faut s'assurer que le jus n'est pas contaminé par les levures, les moisissures, les coliformes et les germes totaux.

1-Suivi microbiologique du produit fini lors du Stockage :

7 échantillons ont été pris et stockés à différentes températures: 4°C, 25°C, 37°C, 55°C, et à la température ambiante du laboratoire, puis un suivi microbiologique a été effectué sur les échantillons pendant 2 mois à des intervalles de 15 jours.

Chaque jour de l'analyse les milieux de culture ont été préparés, (Plate count Agar (PCA) (Annexe 4) pour les germes totaux et les coliformes, et Orange serum Agar (OSA) pour les levures et moisissures (Annexe 4)), la paillasse a été désinfecté par l'alcool, les boîtes pétrie ont été marquées, les becs Bunsen ont été allumés 10 min avant chaque ensemencement.

Après le coulage et la gélification des milieux, l'ensemencement de 1 ml de jus dans les boîtes de pétrie à l'aide d'une pipette stérile et l'incubation des boîtes contenant le PCA à 37 °C pour les germes totaux et les coliformes pendant 3jours , et les boîtes contenant le OSA dans 25°C pour les levures et moisissures 5 jours

2-Suivi microbiologique de jus au cours de la pasteurisation à 80 °C et 85°C :

Pour le suivi microbiologique des jus au cours de la pasteurisation un échantillon de jus de Mangue a été prélevé avant la pasteurisation du tank de préparation, une dilution

décimale de l'ordre de 10^{-3} a été faite pour l'échantillon dans de l'eau physiologique à 9% (Annexe 4) dans des tubes.

Après avoir réglé le bain marie à la température de pasteurisation désirée (80°C , 85°C), les tubes ont été posés dans le bain marie et la prise d'un tube pendant un intervalle de temps de 20s de chauffage et le refroidissement instantané de ces tubes dans de l'eau froide.



Figure 6 : Bain marie (échelle pilote de pasteurisation)

Pour la phase de l'analyse microbiologique, la procédure est la même que pour le produit fini (voir 1-Suivi microbiologique du produit fini lors du Stockage).

Après le comptage des boîtes, la formule suivante donne le nombre de colonies avant dilution de 10^{-3} :

$$\text{UFC} = \frac{N}{V \times F}$$

N : Nombre de colonies comptées

V : Volume d'ensemencement

F : Facteur de dilution

UFC : Unité Formant Colonie

Résultats et interprétations

I-Résultats du suivi physicochimique et microbiologique du produit fini lors du stockage:

1-Analyse et interprétation des résultats :

Le Tableau 1 représente les résultats du suivi physicochimique du produit fini après stockage à différentes températures pendant 2 mois :

Tableau 1 : Résultat du suivi physicochimique du produit fini au cours du stockage à différentes températures

Jours/température		Brix	pH	Acide Citrique en g/l	Acide Ascorbique en g/l	Nombre de Colonie	
						Germes totaux et coliformes	Levures et moisissures
0 j		12,5	3.54	5 .315	0.396	0	0
15j	T° ambiante	12.4	3.51	5.290	0.3872	1	0
	4°C	12.6	3.54	5.285	0.396	0	0
	25°C	12.5	3.51	5.290	0 .3696	0	0
	37°C	12.5	3.54	5.290	0.3608	1	0
	55°C	12.7	3.54	5.256	0.3432	0	0
30j	T° ambiante	12.6	3.54	5 .309	0.3784	0	0
	4°C	12.5	3.56	5.290	0.396	0	0
	25°C	12.6	3.57	5.315	0.3608	0	0
	37°C	12.6	3 .52	5 .315	0.352	0	0
	55°C	12.6	3.73	5.256	0.3256	0	0
45j	T° ambiante	12.6	3.54	5.290	0.352	0	0
	4°C	12.7	3.54	5.290	0.396	0	0
	25°C	12.8	3.54	5.315	0.3432	0	0
	37°C	12.5	3.54	5.266	0 .3344	0	0
	55°C	12.8	3.6	5.261	0 .308	0	0
60j	T° ambiante	12.4	3.54	5.290	0.3432	0	0
	4°C	12.5	3.54	5.315	0.3872	0	0
	25°C	12.4	3.54	5.290	0.3256	0	0
	37°C	12.6	3.54	5.266	0.3256	0	0
	55°C	12.7	3.73	5.275	0 .2728	0	0

Pour l'étude microbiologique du produit fini, les résultats montrent que le produit reste stable microbiologiquement. Ceci peut être expliqué par le fait que le produit est, d'abord,

pasteurisé en premier temps puis conditionné dans un emballage fermé et hermétique qui empêche la pénétration de l'air et des microorganismes.

Les résultats physicochimiques sont représentés dans le diagramme ci-dessous :

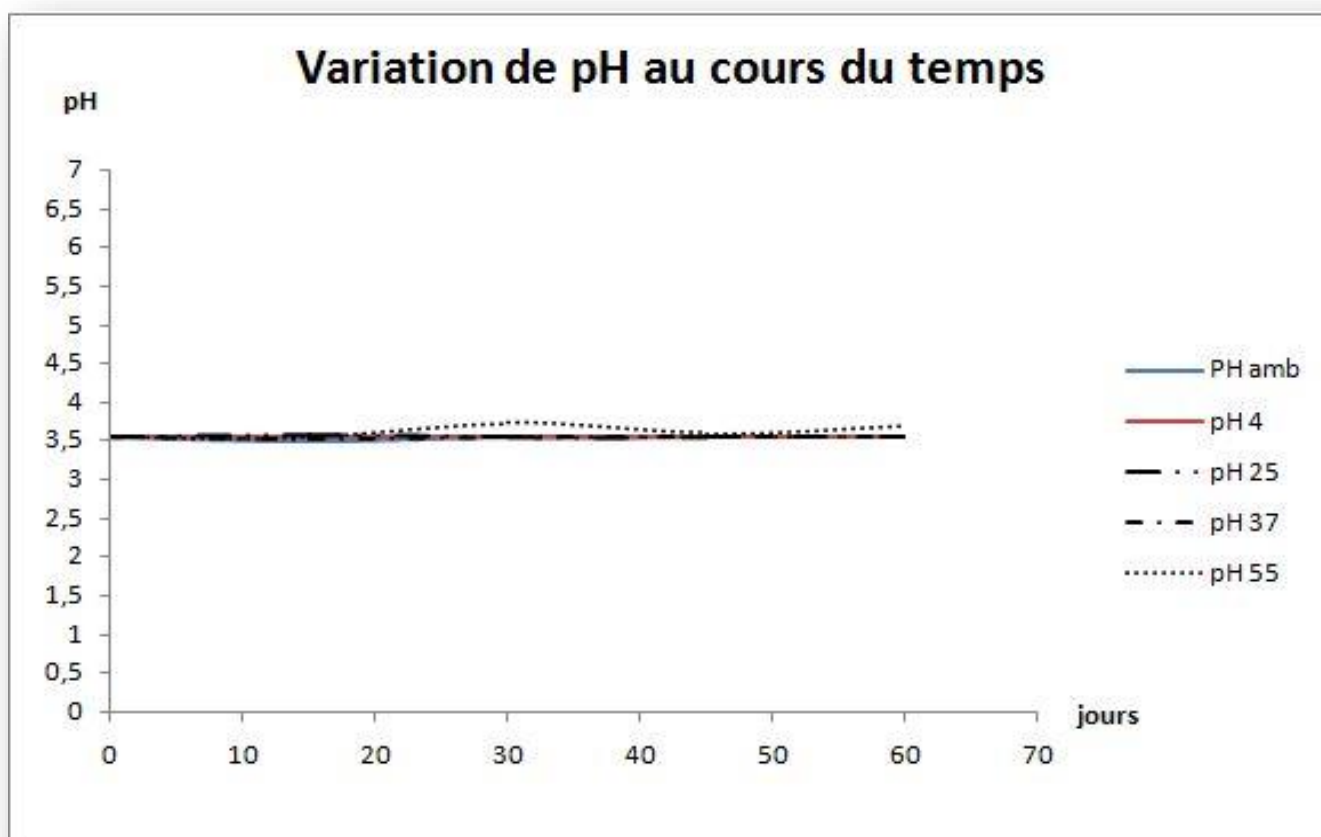


Figure 7 : Courbe de variation du pH au cours du stockage

D'après l'analyse des courbes de la variation du pH (*Figure 7*) au cours du Stockage à 4°C, 25°C, 37°C et à température ambiante, le pH n'a pratiquement pas changé et a gardé une valeur aux alentours de 3,54 durant les 2 mois du suivi. Toutefois, une variation a été observée pour la température de 55 °C : au 30^{ème} jour le pH a augmenté pour atteindre une valeur de 3,73.

On peut donc conclure qu'une température de stockage supérieure ou égal à 55 °C pourrait influencer sur la valeur du pH.

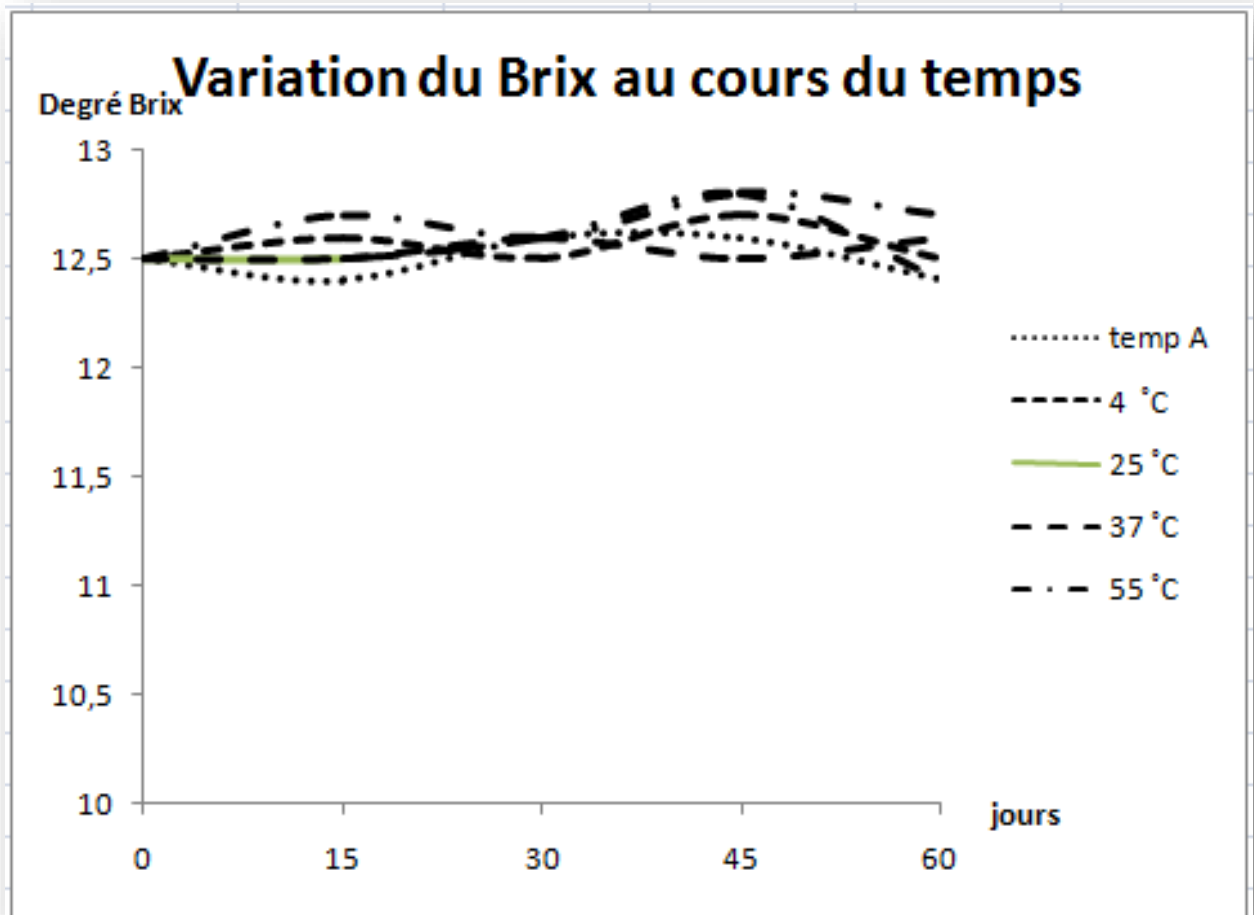


Figure 8 : Courbe de variation du Brix au cours du Stockage

D'après les résultats du degré Brix au cours du stockage (Figure 8), celui ci reste sensiblement constant au cours du temps aux différentes températures. La petite variation détectée est attribuée à l'incertitude du réfractomètre.

On peut conclure donc que la température et la durée du stockage n'ont pas d'effet sur le Brix et par conséquent sur la teneur en sucre.

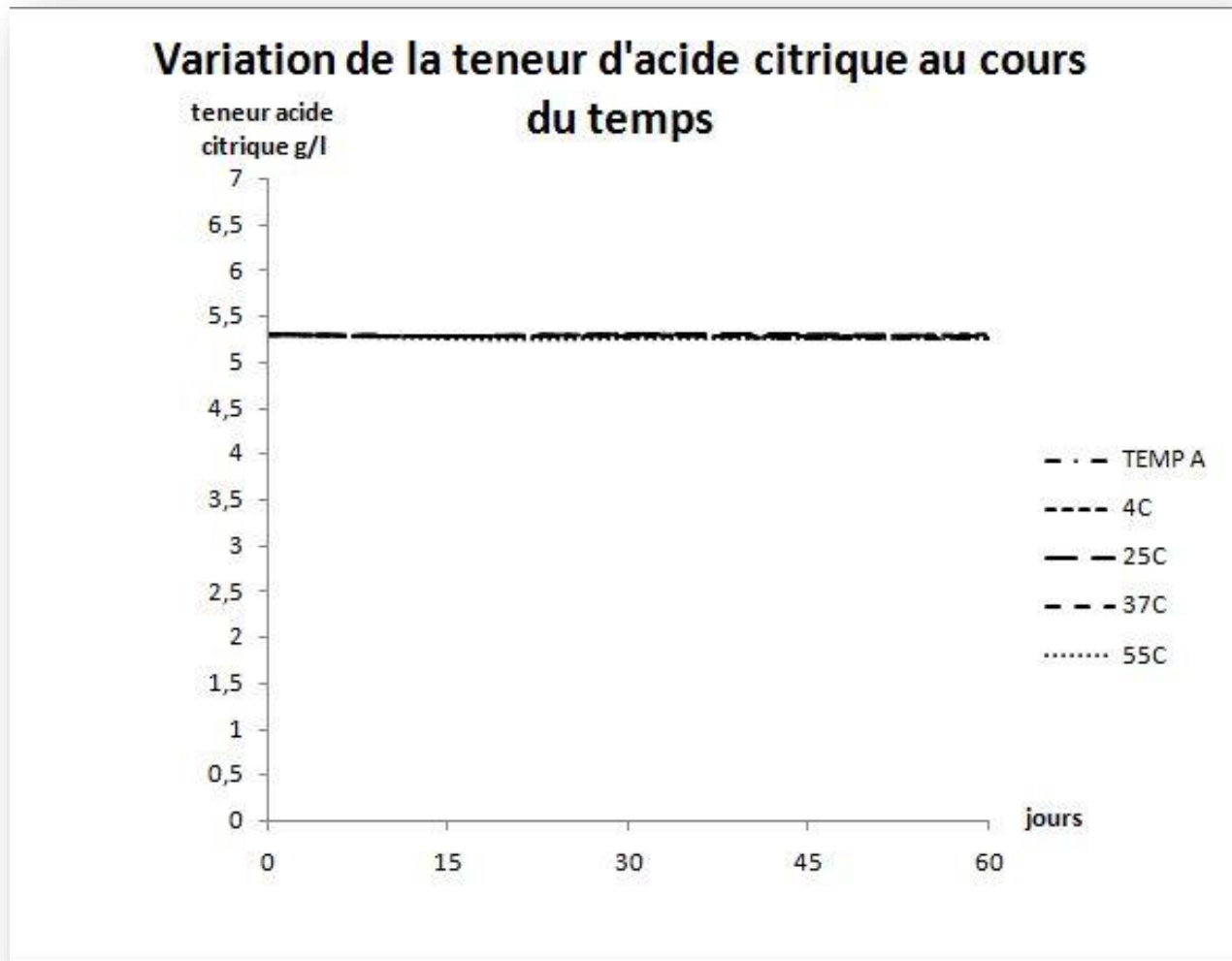


Figure 9 : Courbe de variation de la teneur d'acide citrique au cours du stockage

D'après l'analyse des courbes de la teneur de l'acide citrique au cours du temps (Figure9), la teneur de l'acide citrique reste sensiblement constante ce qui signifie que la température du stockage n'a pas une grande influence sur la teneur de l'acide citrique.

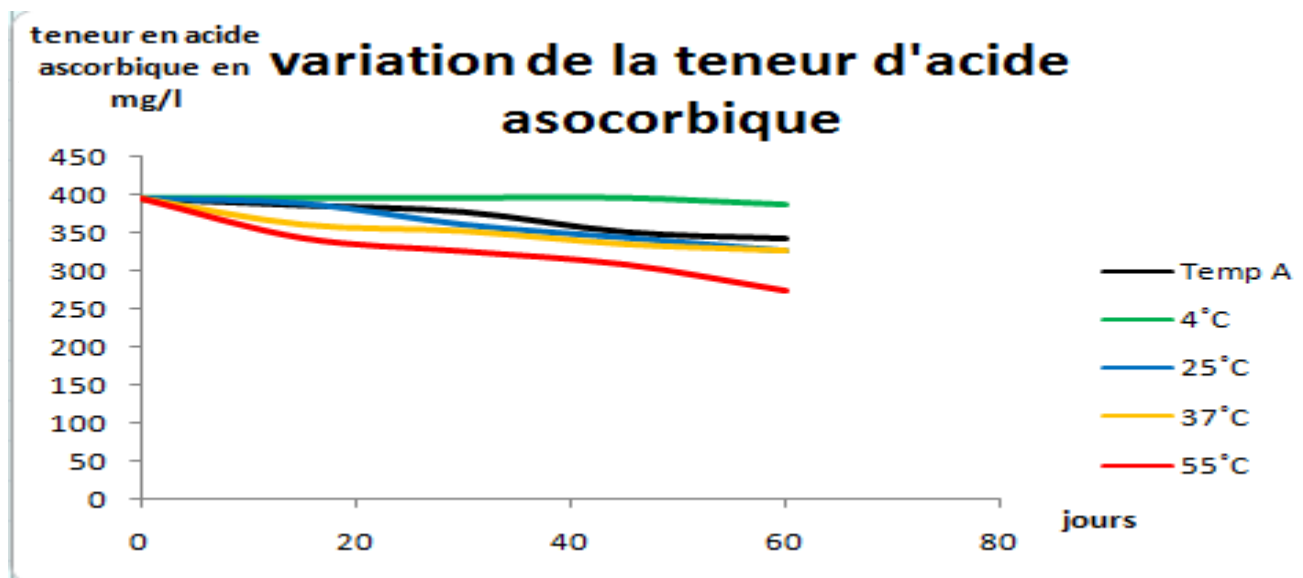


Figure 10 : Courbe de variation de la teneur d'acide ascorbique au cours du stockage

D'après l'analyse de la courbe de variation de la teneur de l'acide ascorbique (Vitamine C) au cours du temps (Figure 10), la diminution est remarquable de la teneur de l'acide ascorbique pour les températures de stockage 25°C, 37°C, 55°C et la température ambiante. La dégradation de cet acide augmente aussi en augmentant la température du stockage. Pour une température de 4°C la teneur de l'acide ascorbique reste constante jusqu'au 60ème jour où cette teneur diminue de 9mg. Elle diminue de 126mg pour 55 °C, 71mg pour les températures 37°C et 25 °C, et enfin on a une perte de 53mg d'acide ascorbique pour la température ambiante.

La Figure 11 suivante représente le mécanisme de dégradation de l'acide ascorbique en milieu acide à chaud

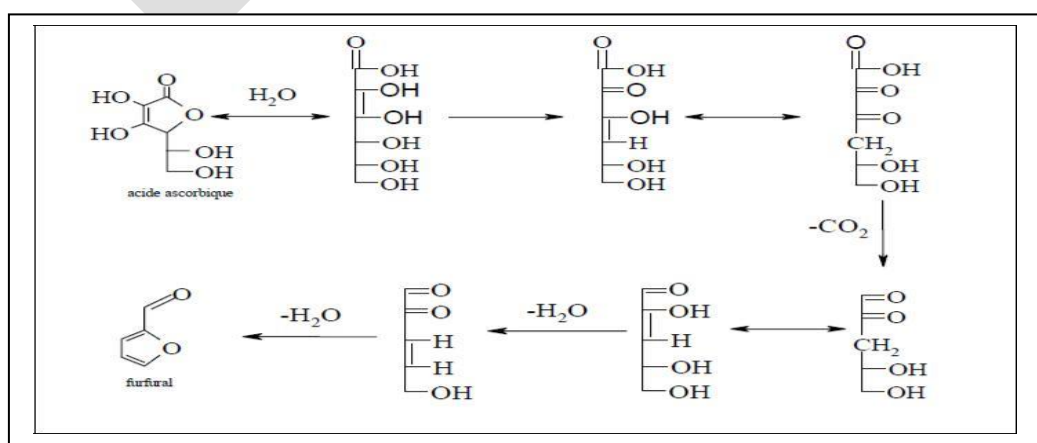


Figure 11: Dégradation Anaérobie de l'Acide ascorbique (Vitamine C)

Cette dégradation importante de l'acide ascorbique pour la température de 55°C a impliqué l'augmentation de la valeur du pH.

2- Conclusion :

La température de stockage n'a aucune influence sur la teneur en sucre et la teneur en acide citrique, contrairement à la teneur en acide ascorbique (Vitamine C) qui diminue avec l'augmentation de la température.

Le suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit fini à différentes température, a permis de conclure que pour éviter la dégradation des composants des jus lors du stockage et du transport il faut garder le produit à une température inférieure ou égale à 4°C. Cette température conserve la qualité nutritionnelle et microbiologique du produit fini.

II- Résultats de l'optimisation de la température de pasteurisation :

1-Analyse et interprétation des résultats :

A) Résultats de jus avant pasteurisation :

Le Tableau 2 représente les résultats physicochimique et microbiologique du jus avant pasteurisation :

Tableau 2 : Résultats physicochimiques et microbiologiques du jus avant pasteurisation

Brix	pH	Teneur acide citrique g/l	Teneur acide ascorbique g/l	Colonie/ml	
				Levures et moisissure	Germe totaux et Coliforme
12.1	3.66	3.34	1.32	6x10 ⁶	6.4x10 ⁶

B) Résultats du suivi physicochimique et microbiologique barème Temps-Température existant 95°C-30s :

Le Tableau 3 représente les résultats de suivi physicochimique et microbiologique du jus après pasteurisation pour la couple Température-Temps déjà fixé 95°C-30s :

Tableau 3 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique du jus après pasteurisation pour le couple 95°C-30s

Temps- Température	Brix	pH	Teneur acide citrique g/l	Teneur acide ascorbique g/l	Colonie/ml	
					Levures et moisissure	Germe totaux et Coliforme
95°C-30s	12	3,76	3.1755	0.286	0	0

D'après les résultats du suivi physicochimique et microbiologique du jus avant pasteurisation et après pasteurisation (95°C-30s), le degré en Brix est resté constant, la teneur en acide citrique et la teneur en acide ascorbique ont diminué tandis que le pH a augmenté.

La dégradation des acides citrique et ascorbique est due à la haute température de pasteurisation. On peut penser donc que la diminution de la température de pasteurisation en augmentant sa durée peut diminuer cette dégradation tout en gardant la stérilité commerciale du produit.

C) Résultats du suivi physicochimique et microbiologique Température de pasteurisation 80°C :

Le Tableau 4 représente les résultats du suivi physicochimique et microbiologique lors de la pasteurisation à 80°C :

Tableau 4 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique lors de la pasteurisation à 80°C

	Brix	pH	Acide citrique g /l	Acide ascorbique g/l	Nombre de Colonies/ml	
					L/M	C/GT
0s	12.1	3.66	3.34	1.32	6x10 ⁶	6.4x10 ⁶
20S	11.9	3.66	3.27	1.232	5,3x10 ⁶	4,6x10 ⁶
40s	11.8	3.67	3.248	1.232	4,4x10 ⁶	3,6x10 ⁶
60s	11.9	3.68	3.224	1.232	3,8x10 ⁶	2.9x10 ⁶
80s	12	3.67	3.224	1,1968	2,2x10 ⁶	2.1x10 ⁶
100s	11.9	3.67	3.224	1.188	1,8x10 ⁶	1.5x10 ⁶
120s	12	3.68	3,17	1.188	9x10 ⁵	5x10 ⁵

La Figure 12 présente les résultats du suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques à la température de pasteurisation de 80°C :

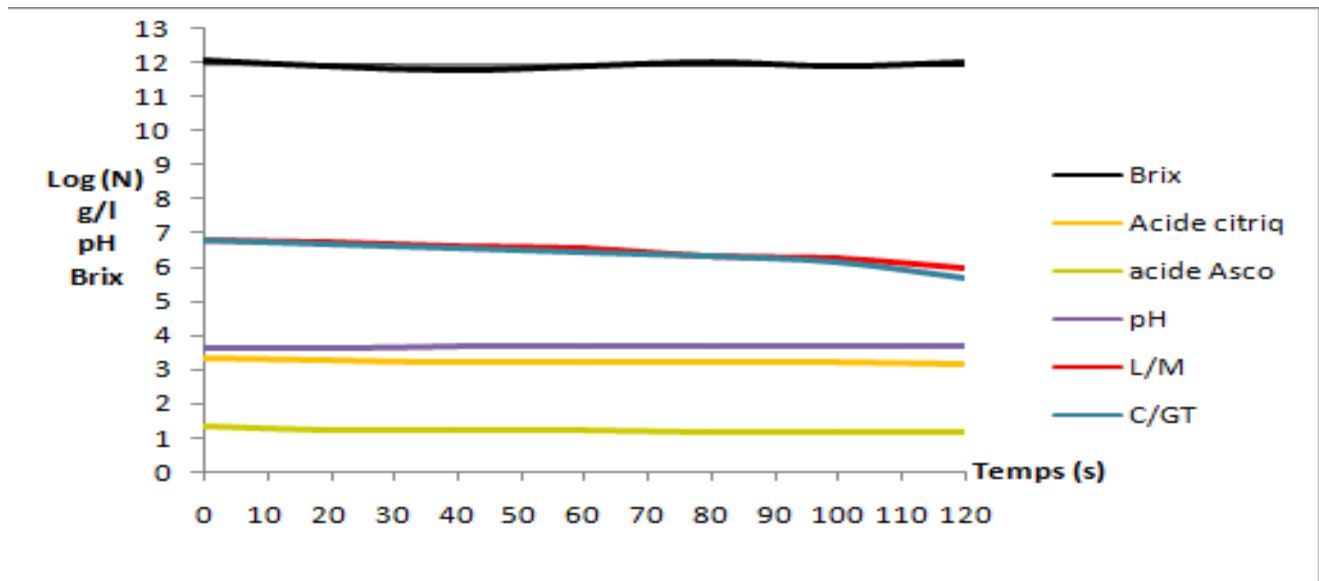


Figure 12 : Evolution des paramètres physicochimiques et microbiologiques de jus lors d'une pasteurisation de 80°C

Pour une température de pasteurisation de 80°C la teneur de l'acide citrique diminue légèrement pour arriver à la valeur de 3,17g/l pendant 120s de traitement et une valeur de 3,26g/l pendant 30 s de traitement. Elle atteint 3,17g/l pour une pasteurisation à 95°C pendant 30s.

Parallèlement, la teneur en acide ascorbique pour une pasteurisation à 80°C pendant 120s diminue jusqu'à la valeur 1,188g/l et 1,23g/l pendant un temps de traitement de 30s. La pasteurisation du jus à 95°C pendant 30s entraîne une baisse forte de la teneur en vitamine C (0,286g/l).

Cependant, le pH a légèrement augmenté, l'augmentation observée est due à la dégradation des acides citrique et ascorbique.

On constate, par contre, que le degré Brix n'est pas influencé par les conditions du traitement.

Concernant le suivi microbiologique, l'étude expérimentale montre que le traitement thermique de 80°C pendant 120s réduit le nombre initial de colonies de 6×10^6 (levure et moisissure) à 9×10^5 et de $6,4 \times 10^6$ pour (Coliforme et Germe totaux) à 5×10^5 contre 0 colonie pour une température de 95°C pendant seulement 30s de traitement.

Donc un traitement de **80°C** permet de garder une teneur plus importante des composants (plus spécifiquement les acides citrique et ascorbique) même pendant une durée de traitement plus longue que celle du traitement **95°C-30s**.

Toutefois, du point de vue microbiologie, le produit reste contaminé à **80°C** ce qui nécessite une augmentation de la température de pasteurisation à **85°C** et évaluer son effet sur le produit au niveau microbiologique et physicochimique.

D) Résultats du suivi physicochimique et microbiologique traitement à une température de pasteurisation 85°C :

Le *Tableau 5* représente les résultats du suivi physicochimique et microbiologique du jus au cours de la pasteurisation à 85

Tableau 5 : Résultats du suivi physicochimique et microbiologique de jus au cours de la pasteurisation à 85 °C

	<i>pH</i>	<i>Brix</i>	<i>Acide citrique g/l</i>	<i>Acide ascorbique g/l</i>	<i>Nombre de Colonie /ml</i>	
					<i>L/M</i>	<i>C/GT</i>
0s	3,66	12,2	3,346	1.32	6×10^6	6.4×10^6
20s	3,67	11,9	3,346	0,924	2.3×10^6	1.3×10^6
40s	3,69	11,8	3,346	0,88	1.2×10^6	1×10^6
60s	3,69	11,9	3,346	0,8008	0	0
80s	3,7	11,9	3,29	0,6248	0	0
100s	3,69	11,9	3,29	0,5896	0	0
120s	3,68	11,9	3,29	0,528	0	0

La Figure 13 est une représentation graphique de ces résultats :

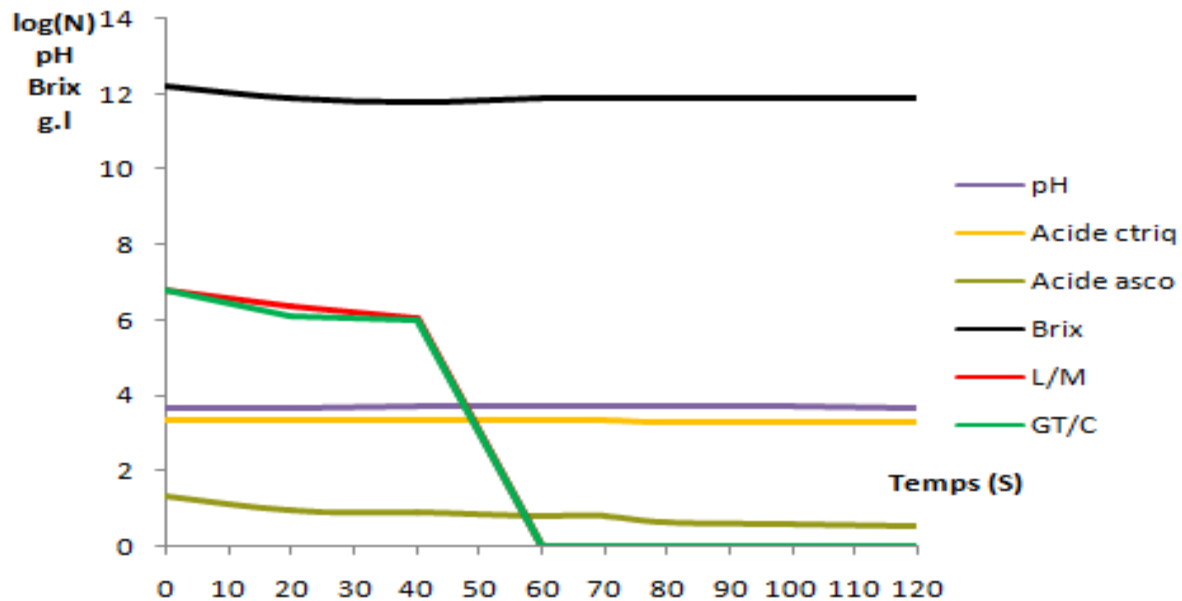


Figure 13 : Courbe de suivi physicochimique et microbiologique de jus au cours de pasteurisation à 85°

D'après les résultats, le Brix reste constant, la teneur de l'acide citrique diminue au cours du temps de pasteurisation pour arriver à **3,29g/l** pendant **120s** et **3,346g/l** pendant **30s** contre **3,17g/l** pour une température de **95°C** pendant **30s**. La teneur de l'acide ascorbique diminue aussi au cours du temps de pasteurisation pour arriver à **0,528g/l** pendant **120s** et **0,90g/l** pendant **30s** contre **0,286g/l** pour **95°C** pendant **30s**.

Pour le côté microbiologique le traitement a réduit le nombre initial de colonies de **6x10⁶** et **6,4x10⁶** à **0** colonies pendant **60s** de traitement. Donc le couple Temps-Température **85°C-60s** a permis d'obtenir un produit fini ayant la stérilité commerciale exigée.

Le *Tableau 6* représente les paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit après pasteurisation pour le couple Temps-Température **85°C-60S**

Tableau 6 : les paramètres physicochimiques et microbiologiques du produit après pasteurisation pour le couple Temps-Température 85°C-60S

Brix	pH	Teneur acide citrique g/l	Teneur acide ascorbique g/l	Colonie/ml	
				Levures et moisissures	Germe totaux et Coliforme
11,9	3,69	3,346	0,8008	0	0

E) Conclusion :

Afin de bien conclure, nous avons comparé le jus avant pasteurisation et après pasteurisation pour les couples température-temps : 95°C-30s, 85°C-60s, 80°C-120s. Cette comparaison est rassemblée dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Comparaison entre le jus avant pasteurisation et après pasteurisation pour les couples temps température, 95°C-30s, 85°C-60s, 80°C-120s

		avant pasteurisation	80°C-120s	85°C-60s	95°C-30s
Brix		12.1	12	11,9	12
Teneur acide citrique g/l		3.34	3,17	3,346	3.1755
Teneur acide ascorbique g/l		1.32	1.188	0,8008	0.286
pH		3.66	3.68	3,69	3,76
Nombre de	L/M	6×10^6	9×10^5	0	0
Colonie/ml	GT/C	6.4×10^6	5×10^5	0	0

La **Figure 14** est une représentation graphique de cette comparaison :

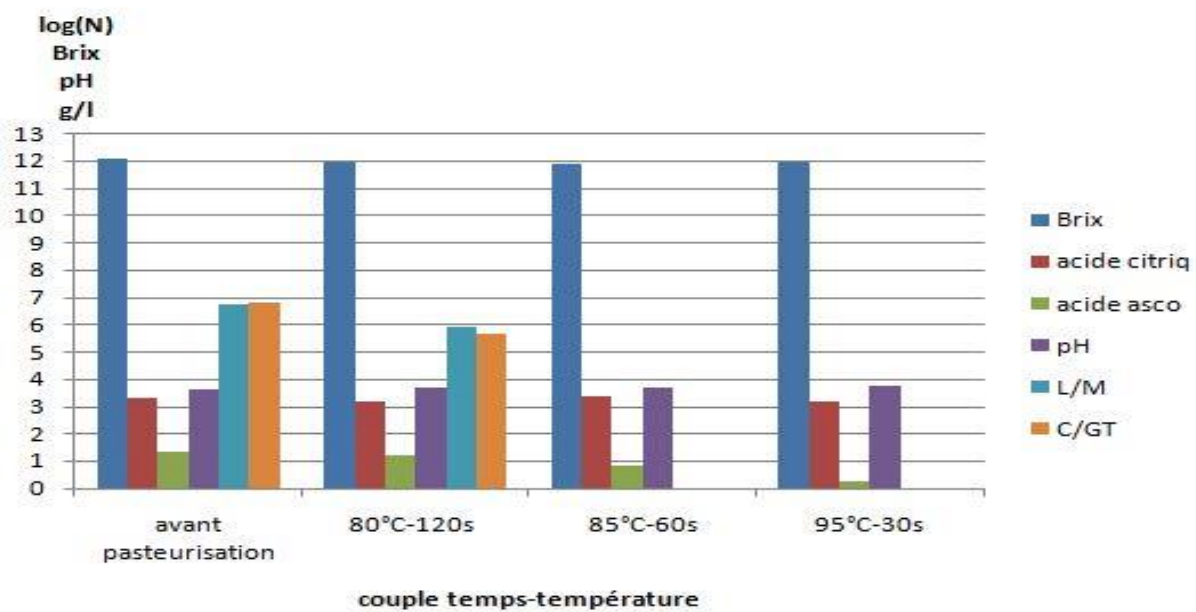


Figure 14 : Courbe de comparaison de variation des paramètres physicochimiques et microbiologiques des jus après pasteurisation pour différents couple Température-Temps

En comparant la teneur des composants avant et après pasteurisation de chacun des couples Température-Temps étudiés, on remarque, au cours de la pasteurisation, une dégradation de l'acide ascorbique, une dégradation plus faible d'acide citrique avec une augmentation du pH tandis que la teneur en sucre reste constante.

Les résultats obtenus ont montré aussi que l'augmentation de la température de pasteurisation entraîne la diminution de la teneur de l'acide ascorbique et une légère augmentation du pH alors que la teneur de l'acide citrique reste constante sauf pour le couple **80°C-120s**. Cette dernière observation peut être due à la durée de pasteurisation qui est plus longue (120 s).

Pour les paramètres microbiologiques, on remarque qu'après la pasteurisation le nombre de colonies pour le couple **80°C-120s** diminue par rapport au nombre initial mais il n'atteint pas le niveau de la stérilité commerciale exigé. Tandis que les deux autres couples, 85°C-60s et 95°C-30s, permettent d'avoir la stérilité commerciale.

Suite à ces résultats on peut remplacer le couple 95°C-30s, adopté par la société, par le couple 85°C-60s lors de la pasteurisation des jus. Ceci nous permettra de garder une teneur plus importante des composants, notamment en acide ascorbique (Vitamine C), élément le

plus vulnérable à température élevée. En outre, avec le couple 85°C-60 s, on atteint également la stérilité commerciale du produit fini.

PDF

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'étude de l'influence de la température du stockage et de pasteurisation sur la teneur des composants et sur l'état microbiologique du jus. Ceci afin de déterminer les conditions optimales permettant la réduction de la dégradation des composants après pasteurisation et au cours du stockage, tout en gardant la stérilité commerciale du produit fini.

Les résultats du suivi des paramètres physicochimiques au cours du stockage ont montré que les teneurs de sucre, acide citrique restent constantes pendant **2 mois** à différentes températures de stockage, alors qu'une diminution de la teneur de l'acide ascorbique a été observée à différentes températures de stockage sauf pour une température maximale de **4°C**. Pour l'état microbiologique, il n'a pas été affecté par les différentes températures choisies.

Nous avons donc adopté une température inférieure ou égale à **4°C** comme une meilleure température de stockage parce qu'elle permet de garder le maximum de la teneur des composants de jus.

Le suivi des paramètres physicochimiques après la pasteurisation a montré que le couple température-temps **85°C-60s** permet de garder une teneur plus élevée des acides ascorbique et citrique que le couple **95°C-30s** (appliquée actuellement par l'AJP) avec le respect de la stérilité commerciale exigée.

Perspectives

Afin de compléter cette étude, il serait intéressant de :

- Etudier la quantité d'énergie consommée lors de la pasteurisation à 85°C pendant 60S
- Comparer cette d'énergie à celle consommée pour le couple Temps-Température 95°C-30 s adopté actuellement par l'AJP.
- Pour enfin comparer les coûts d'énergie des conditions de pasteurisation utilisées actuellement et celles proposées par notre étude.

PDF

Annexe 1

Préparation de NaOH à 0,1N:

- Peser 0,1 g de NaOH
- Introduire NaOH dans une Fiole jaugé de 1000ml
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 1 L

Préparation de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ à 5×10^{-3} mol/l:

- Peser 0,79g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- Introduire $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dans une Fiole jaugé de 1000ml
- Compléter avec de l'eau distillé jusqu'à 1L

Préparation de I_2 à 4×10^{-3} mol/l :

- Peser 1,015g de I_2
- Introduire I_2 dans une Fiole jaugé de 1000ml
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 1 L

Préparation de l'empois d'amidon :

- peser 10 g d'amidon
- mettre en suspension dans 100ml d'eau froide,
- puis on verser dans 900 ml d'eau bouillante,
- laisser bouillir 2 à 3 minutes.

Annexe 2

International Federation
of Fruit Juice
Producers

Determination of soluble solids
(Indirect method by refractometry)

IFU Analysis
No. 8 (Addition 2000)
Page 4

Table B. Relationship between °Brix (percent sucrose by weight),
relative density ($D_{20/20}$) and total solids (kg/m^3 , equivalent to g/litre)

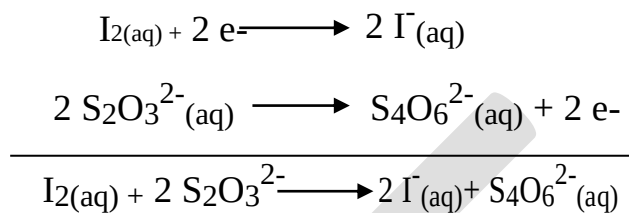
°Brix	$D_{20/20}$	Total Solids kg/m^3	°Brix	$D_{20/20}$	Total Solids kg/m^3
0.0	1.00000	0.00	4.1	1.01608	41.54
0.1	1.00039	1.00	4.2	1.01648	42.57
0.2	1.00077	2.00	4.3	1.01688	43.60
0.3	1.00116	2.99	4.4	1.01728	44.63
0.4	1.00155	3.99	4.5	1.01767	45.67
0.5	1.00194	5.00	4.6	1.01807	46.70
0.6	1.00233	6.00	4.7	1.01847	47.73
0.7	1.00271	7.00	4.8	1.01887	48.77
0.8	1.00310	8.00	4.9	1.01927	49.80
0.9	1.00349	9.01	5.0	1.01967	50.84
1.0	1.00388	10.01	5.1	1.02007	51.88
1.1	1.00427	11.02	5.2	1.02047	52.91
1.2	1.00466	12.02	5.3	1.02087	53.95
1.3	1.00505	13.03	5.4	1.02127	54.99
1.4	1.00544	14.04	5.5	1.02168	56.03
1.5	1.00583	15.04	5.6	1.02208	57.07
1.6	1.00622	16.05	5.7	1.02248	58.12
1.7	1.00661	17.06	5.8	1.02288	59.16
1.8	1.00701	18.07	5.9	1.02328	60.20
1.9	1.00740	19.09	6.0	1.02369	61.25
2.0	1.00779	20.10	6.1	1.02409	62.29
2.1	1.00818	21.11	6.2	1.02449	63.34
2.2	1.00857	22.13	6.3	1.02490	64.39
2.3	1.00897	23.14	6.4	1.02530	65.43
2.4	1.00936	24.16	6.5	1.02571	66.48
2.5	1.00975	25.17	6.6	1.02611	67.53
2.6	1.01015	26.19	6.7	1.02651	68.58
2.7	1.01054	27.21	6.8	1.02692	69.63
2.8	1.01093	28.23	6.9	1.02732	70.69
2.9	1.01133	29.25	7.0	1.02773	71.74
3.0	1.01172	30.27	7.1	1.02814	72.79
3.1	1.01212	31.29	7.2	1.02854	73.85
3.2	1.01251	32.31	7.3	1.02895	74.90
3.3	1.01291	33.33	7.4	1.02936	75.96
3.4	1.01330	34.35	7.5	1.02976	77.01
3.5	1.01370	35.38	7.6	1.03017	78.07
3.6	1.01410	36.40	7.7	1.03058	79.13
3.7	1.01449	37.43	7.8	1.03098	80.19
3.8	1.01489	38.46	7.9	1.03139	81.25
3.9	1.01529	39.48	8.0	1.03180	82.31
4.0	1.01568	40.51			

Table de conversion Brix-Densité (Extrait)

Annexe 3

Démonstration de la relation $n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)_{\text{Total}} = n(\text{I}_2)_{\text{Total}} - \frac{1}{2} \cdot \text{C}_1 \cdot \text{V}_E$

La réaction de dosage est de I_2 par $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$:



Le Tableau d'avancement du dosage :

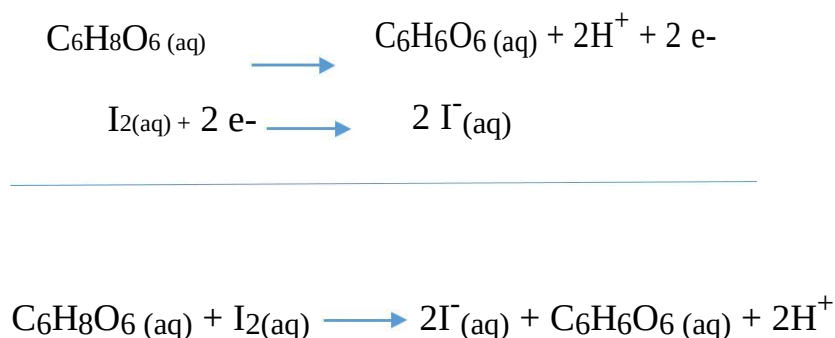
	$\text{I}_{2(\text{aq})} + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \quad 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}_{(\text{aq})}$			
t_0	$N_2 = \text{C}_2 \cdot \text{V}_2$	$N_1 = \text{C}_1 \cdot \text{V}_E$	0	0
t	$N_2 - x$	$N_1 - 2x$	$2x$	x

A l'équivalence, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques

$$N(\text{I}_2) = N \text{ versé à l'équivalence de } (\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) / 2$$

$$N(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \cdot \text{C}_1 \cdot \text{V}_E$$

Réaction entre I_2 et Vitamine C :



Annexe 3(Suite)

-Calcul de nombre de mole de vitamine C :

$$n(I_2)_{\text{Total}} = n(I_2) \text{ réagit avec vitamine C} + n(I_2) \text{ restant} \quad (1)$$

$$n(I_2) \text{ réagit avec vitamine C} = n(C_6H_8O_6)_{\text{Total}}$$

$$n(I_2) \text{ restant} = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot V_E$$

On déduit l'équation(1) : $n(I_2)_{\text{Total}} = n(C_6H_8O_6)_{\text{Total}} + \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot V_E$

$$n(C_6H_8O_6)_{\text{Total}} = n(I_2)_{\text{Total}} - \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot V_E$$

Annexe 4

Préparation Orange sérume Aqar

Pour préparer 200ml de se milieu il faut dissoudre 9g du produit dans 200 ml d'eau et ensuite il faut mélanger le tout et le porter à stériliser dans l'autoclave pendant 15 min dans une température de 120 °Cet enfin le porter au bain marie à une température de 45 °C.

Préparation de Plate Count Agar :

Le milieu qui permet le développement des germes totaux c'est <<Plat count agar>>. Pour préparer 200ml de se milieu il faut dissoudre 4,5g du produit dans 200ml d'eau et ensuite il faut mélanger le tout et le porter à stériliser dans l'autoclave pendant 15 min dans une température de 120°C. et enfin le porter au bain marie à une température de 45 °C .

PDF

Bibliographie

- MEMOIRE DE FIN D'ETUDES pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques **Le suivi de la teneur de la vitamine C dans un jus industriel** Présenté par : ELGAMOUZ Sabah <1>
- Opérations unitaires en génie biologique la pasteurisation Pascal Chillet Professeur agrégé de Biochimie - Génie biologique <2>
- Agriculture en chiffre 2014 statistiques délivrées par le ministère de l'Agriculture et Pêche Maritime Maroc <3>
- Familles de France- Fiche pratique n°23 – avril 2011 savoir choisir son jus de fruits <4>
- LA DESTRUCTION DES BACTÉRIES PAR LA CHALEUR. ETUDE DE L'EFFICACITÉ DE LA PASTEURISATION DU LAIT , Ph. Lafont, J. Lafont <5>
- Manuel Laboratoire de Agro juice Processing <6>
- Rapport Stage d'initiation << les étapes de Fabrication de jus et les différents contrôles de qualité>> Réalisé par Taai Zine Elabidine <7>

Webographie

- <http://www.unijus.org> <8>
- <http://www.boisson-sans-alcool.com/> <9>
- tech-alim.univ-lille1.fr/ <10>

PDF