

## Optimisation de la pasteurisation du nectar de *Saba senegalensis*

### [ Optimization of the pasteurization of *Saba senegalensis* nectar ]

*Medoune Gaye Sarr, Nicolas C. M. Ayessou, Mady Cisse, Codou Mar, and Mama Sakho*

Laboratoire d'Electrochimie et des Procédés Membranaires,  
Centre d'Etudes sur la Sécurité Alimentaire et les Molécules Fonctionnelles,  
Ecole Supérieure Polytechnique, Université Cheikh Anta Diop, B.P 5085 Dakar - Fann, Senegal

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Wild neglected fruits as are known for their beneficial effects on health and the fight against malnutrition. This is the case in Senegal of the fruits of *Saba senegalensis* which are consumed more and more in the form of nectar whose nutritional and organoleptic qualities must be preserved. The objective set by this work is to optimize the pasteurization of the nectar in order to preserve its whole quality. The minimum pasteurizing value (VP) is determined and then different pasteurization scales to obtain this VP are tested. The vitamin C of the obtained nectars is monitored for 60 days at 4; 20; 30 and 37 ° C. A 50-minute VP gives microbiological stability for two months at 4 ° C and retains the nutritional qualities of the nectar. Thus, the optimal 73 ° C / 16 min scale is used for this fruit nectar because it preserves 63.38% of the vitamin C. The use of the Ball, Arrhenius and Eyring models during the tests makes it possible to predict adequately the losses of vitamin C. The 73 ° C / 16min scale better retains the nutritional and organoleptic qualities of the nectar of *Saba senegalensis*.

**KEYWORDS:** *Saba senegalensis*, Optimization, pasteurisation value, scale, quality.

**RÉSUMÉ:** Les fruits sauvages dits négligés sont connus pour leurs effets bénéfiques pour la santé et la lutte contre la malnutrition. C'est le cas au Sénégal des fruits de *Saba senegalensis*, qui sont consommés de plus en plus sous forme de nectar dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques doivent être préservées. L'objectif fixé par ce travail est d'optimiser la pasteurisation du nectar de maad pour la préservation de sa qualité nutritionnelle et organoleptique. La valeur pasteurisatrice minimale (VPmin) est déterminée puis différents barèmes de pasteurisation permettant d'obtenir cette VP sont testés. La vitamine C des nectars obtenus est suivie pendant 60 jours à 4; 20 ; 30 et 37°C. Une VP de 50 minutes donne une stabilité microbiologique pendant deux mois à 4°C et conserve les qualités nutritionnelles du nectar. Ainsi, le barème optimale de 73°C/16min est retenu pour ce nectar de fruit car il préserve 63.38% de la vitamine C. L'utilisation des modèles de Ball, d'Arrhenius et d'Eyring lors des essais permettent de prévoir convenablement les pertes en vitamine C. Le barème de 73°C/16min conserve mieux les qualités nutritionnelles et organoleptiques du nectar de *Saba senegalensis*.

**MOTS-CLEFS:** *Saba senegalensis*, optimisation, pasteurisation, barème, qualité.

## 1 INTRODUCTION

Au Sénégal, les fruits et légumes sont présents en abondance. Ils sont connus pour être bénéfiques pour la santé et la lutte contre la malnutrition. En effet, la plupart de ces derniers sont riches en micronutriments et ont des vertus thérapeutiques. Cependant, leur non disponibilité toute l'année et leur nature périssable constituent des contraintes pour leur valorisation. Il est donc important d'étudier les différentes voies et méthodes de valorisation applicables à nos différents fruits et légumes. C'est dans ce contexte, que s'inscrivent nos travaux qui portent sur le fruit *Saba senegalensis* plus connu sous le nom de maad

au Sénégal. Originaire de l'Afrique subsaharienne *Saba senegalensis* est une grande liane ligneuse à latex blanc, feuilles opposées et à vrilles avec une écorce grise foncée, pouvant atteindre plus de 40 m et un tour de 20 cm de diamètre [1], [2], [3]. Le fruit est une coque globuleuse, une grosse baie ovoïde, bosselée, longue de 7 à 10 cm [4], large de 6 à 8 cm qui contient des graines enrobées de pulpes jaunes fibreuses légèrement translucides [5]. Au Sénégal, il provient en grande partie de la Casamance (Sud du Sénégal) et de Kédougou (Est du Sénégal). L'intérêt du maad (*Saba senegalensis*) pour l'alimentation et aussi pour le traitement de certaines maladies des populations rurales est très largement reconnu [6]. C'est une plante qui a d'énormes vertus thérapeutiques. Du fruit aux racines en passant par les feuilles, l'écorce, et le latex, tout est utilisable. C'est un fruit qui est très prisé par la population, il peut être consommé comme tel ou être transformé en purée, nectar, confitures, conserves et gelée [7], [8], [9], [10], [11]. C'est un fruit qui a une courte durée de conservation. Ceci pousse les entreprises à le transformer principalement en nectar. Cependant, la plupart de ces entreprises ne maîtrisent pas la pasteurisation. Elles exposent le plus souvent le nectar à de très fortes températures sur de longue durée, ce qui baisse la valeur nutritionnelle du produit. Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est d'optimiser la pasteurisation du nectar dans le but de préserver ses qualités nutritionnelles et organoleptiques. Ainsi, les principaux objectifs spécifiques sont la détermination de la valeur pasteurisatrice minimale et du meilleur barème de pasteurisation.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

L'optimisation du nectar de maad a été réalisée sur des fruits de *Saba senegalensis* récoltés dans la région de Casamance durant le mois de juin 2017 (Figure 1). Après avoir préparé notre matière première (trier, laver, nettoyer, dénoyauter), nous avons obtenu la pulpe brute (Figure 2) à partir de laquelle nous avons préparé le nectar de maad.



Fig. 1. Fruits de *Saba senegalensis*



Fig. 2. Pulpe brute de *Saba senegalensis*

## 2.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.2.1 PRODUCTION DU NECTAR

Dans le cadre de notre étude, nous avons élaboré un nectar constitué d'eau et de pulpe de maad. Le degré Brix du produit a été fixé à 15 g d'extrait sec soluble/100g de nectar. Le nectar est conditionné à froid dans des bouteilles en verre de 30 mL avec des bouchons en plastique. Avant remplissage, les bouteilles et les capsules ont été lavés puis désinfectés à l'eau javellisée à 100ppm de chlore pendant 30 minutes, rincées, égouttées puis séchées.

### 2.2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE LA PASTEURISATION

La stabilisation thermique se fait par pasteurisation. Elle est réalisée par immersion des bouteilles en verre contenant le nectar de maad dans un bain-marie chauffé (**Figure 3**). Durant le chauffage, la température du produit est suivie au cours du temps à l'aide d'une bouteille témoin portant en son centre géométrique une sonde de température. La température du bain-marie est également suivie avec une sonde de température placée à l'intérieur. A la fin du chauffage, les bouteilles sont rapidement refroidies dans un récipient contenant de l'eau froide à 0°C. L'eau est maintenue froide par ajout de glaçons dans le récipient. Les produits pasteurisés sont refroidis jusqu'à la température de  $25 \pm 2$  °C et stockés aux températures de stockage de 4, 20, 30 et 37 °C. Les analyses sont effectuées toutes les deux semaines sur une période de deux mois afin de suivre les paramètres physico-chimiques et nutritionnelles dans le but de déterminer le barème optimale.



Fig. 3. Matériel de pasteurisation et de conditionnement

### 2.2.3 DÉTERMINATION DE LA VALEUR PASTEURISATRICE MINIMALE ET DU TEMPS DE PASTEURISATION

Cinq (5) valeurs pasteurisatrices (VP) ont été choisies en faisant varier le temps de pallier à 70°C. Les paliers suivants ont été appliqués : 30, 50, 70, 90 et 110 minutes. La valeur pasteurisatrice est alors donnée par la somme des valeurs pasteurisatrices élémentaires (Equation n° 1).

$$VP_i = t_i \times 10^{\frac{T_i - 70}{10}} \quad (\text{Equation n° 1})$$

Où les  $T_i$  sont les températures relevées à des intervalles de temps ( $t_i$ ) dans le produit.

Pour la détermination du meilleur barème nous avons choisi 5 barèmes équivalents à la VP minimale, le calcul de ces barèmes s'est fait grâce à l'équation 2.

$$t_\theta = VP_{\theta_{ref}} \cdot 10^{\frac{\theta_{ref} - \theta}{z}} \quad (\text{Equation n° 2})$$

où  $t_\theta$  est la durée de la pasteurisation en min,  $VP_{\theta_{ref}}$  la valeur pasteurisatrice à la température de référence ( $\theta_{ref}$ ),  $\theta$  la température de pasteurisation et  $z$  est celui de la bactérie *Streptococcus thermophilus* (10 °C).

#### 2.2.4 MÉTHODES ANALYTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

La vitamine C est dosée par titrage volumétrique au 2,6-dichlorophénol-indophénol (DCPIP). L'évaluation de la couleur est effectué par une mesure dans l'espace CIE-L\*a\*b\* grâce à un colorimètre de type (CM-5, Konica Minolta Sensing Americas Inc., US). Le dosage des sucres réducteurs a été effectué en utilisant la méthode de Luff Schoorl. Le pH a été mesuré par un pH-mètre (Hanna instruments, Roumanie).

#### 2.2.5 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

La qualité microbiologique des nectars de maad pasteurisés ou non et conditionnés à différentes températures a été déterminée en dénombrant la flore aérobie mésophile totale, les levures et moisissures, les coliformes et les lactobacilles en utilisant respectivement les milieux de culture, PCA (Plat Count Agar), CGA (Chloramphénicol Glucose Agar), VRBL (Milieu lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) et MRS (Gélose de Man, Rogosa, Sharpe). Le calcul du nombre de micro-organismes présents par ml d'échantillon est réalisé selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sum Ci}{V(N1+0,1N2) \times d} \text{ (Equation n° 3)}$$

où  $\sum Ci$  = somme des colonies caractéristiques comptées sur toutes les boîtes retenues,  $N1$  = nombre de boîtes retenues à la première dilution,  $N2$  = nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution,  $d$  = facteur de dilution correspondant à la première dilution et  $V$  le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte en ml.

#### 2.2.6 MODÉLISATION DES CINÉTIQUES DE DÉGRADATION DE LA VITAMINE C

Les études de cinétiques ont été réalisées pour proposer des modèles capables de prédire l'évolution de la concentration en vitamine C. Les modèles cinétiques proposés pour représenter la réaction de dégradation thermique de la vitamine C à haute température ont été celui d'une réaction mono-moléculaire irréversible (processus d'ordre 1), où la vitesse de réaction ne dépend que de la concentration d'un réactif (la vitamine C). Trois modèles ont été étudiés: Arrhenius, Eyring, et Ball. L'équation de dégradation de la vitamine C est du premier ordre donnée en (4).

$$\frac{d[C]}{dt} = -k[C] \text{ (Equation n° 4)}$$

où  $k$  ( $\text{mol.l}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ) est la constante de vitesse de la réaction.

La linéarisation de l'équation (4) donne l'équation (5).

$$\ln[C] = -kt + \ln[Co] \text{ (Equation n° 5)}$$

Les tracés des courbes  $\ln[C] = f(t)$  permettent de vérifier l'ordre des équations de dégradation et de déterminer les constantes de vitesse  $k$  pour les températures de stockage. Avec l'application de la relation d'Arrhenius on peut déterminer les valeurs de  $K$  pour chaque température de stockage.

$$k = ko \times \exp\left[-\frac{Ea}{RT}\right] \text{ (Equation n° 6)}$$

où  $ko$  est le facteur de collision ( $\text{s}^{-1}$ ).  $Ea$  est l'énergie d'activation ( $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) ;  $R$  est constante des gaz parfaits ( $8,31 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $T$  la température en degré (K) . La linéarisation de l'équation (6) donne l'équation (7).

$$\ln(k) = \ln(ko) - \frac{Ea}{RT} \text{ (Equation n° 7)}$$

#### 2.3 LE MODÈLE D'ARRHENIUS

Le modèle d'Arrhenius permet de décrire la variation de la vitesse d'une réaction chimique en fonction de la température. La formule d'Arrhenius est énoncée comme suit :

$$k = A e^{-\frac{Ea}{RT}} \text{ Ou } k = k_{\infty} e^{-\frac{Ea}{RT}} \text{ (Equation n° 8)}$$

où  $T$  est la température exprimée en Kelvin,  $A$  le facteur pré-exponentiel, il est aussi noté  $k_{\infty}$  et correspond à la valeur de  $k$  à  $t = \infty$  ( $t$  en  $\text{s}^{-1}$ ),  $Ea$  l'énergie d'activation ( $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) et  $R$  la constante des gaz parfaits =  $8,31 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Partant de l'hypothèse que la réaction de dégradation de la vitamine C suit une cinétique d'ordre 1, la vitesse de la réaction est définie comme suit :

$$\frac{dC}{C} = -kdt \text{ (Equation n° 9)}$$

Au cours du stockage, la teneur en vitamine C variant d'une concentration initiale  $C_0$  à une concentration finale, on obtient :

$$\int_{C_0}^C \frac{dC}{C} = \int_0^t -kdt \quad \ln C = \ln C_0 - kt \text{ (Equation n° 10)}$$

Partant de là, la méthode graphique sera utilisée pour déterminer  $k$ . Donc, la variation de  $\ln C$  en fonction du temps [ $\ln C = f(t)$ ] est tracée. Si le tracé donne une droite de la forme  $y = ax + b$ , par identification à  $\ln C = \ln C_0 - kt$  on en déduit :

$$\begin{cases} a = \text{pente} = -k \\ b = \text{ordonnée à l'origine} = \ln C_0 \end{cases}$$

On remarque qu'il est possible de déterminer les constantes de vitesse  $k$  à plusieurs températures, donc les valeurs du facteur pré-exponentiel et de l'énergie d'activation peuvent facilement en être déduites. En effet la loi d'Arrhénius peut se mettre sous la forme :

$$\ln k = \ln k_{\infty} - \frac{E_a}{RT} \text{ (Equation n° 11)}$$

En portant les valeurs de  $\ln k$  en fonction de  $\frac{1}{T}$ , on doit donc obtenir une droite de pente  $\frac{E_a}{R}$  et d'ordonnée à l'origine  $\ln k_{\infty}$ . Connaissant les différents paramètres  $k_{\infty}$  et  $E_a$ , la valeur de la constante de la réaction est déterminée de même que la concentration résiduelle en vitamine C.

## 2.4 LE MODÈLE D'EYRING

L'équation d'Eyring, aussi appelée équation d'Eyring-Polanyi en cinétique chimique, relie la vitesse de réaction à la température. La structure générale de l'équation d'Eyring-Polanyi ressemble à celle d'Arrhenius :

$$k = \frac{k_b}{h} T \cdot e^{-\frac{\Delta G^*}{RT}} \text{ (Equation n° 12)}$$

où  $\Delta G^*$  est l'enthalpie libre d'activation ( $\text{J.mol}^{-1}$ ) avec  $\Delta G^* = \Delta H^* - T\Delta S^*$ ,  $\Delta H^*$  = enthalpie d'activation ( $\text{J.mol}^{-1}$ ),  $\Delta S^*$  l'entropie d'activation ( $\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ),  $k_b$  la constante de Boltzmann égale à  $1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J. K}^{-1}$ ,  $h$  la constante de Planck égale à  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ ,  $R$  = constante des gaz parfaits =  $8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ,  $T$  = température exprimée en Kelvin. La loi d'Eyring peut être reformulée comme suit :

$$k = \frac{k_b}{h} T \cdot e^{-\frac{\Delta H^*}{RT}} \cdot e^{\frac{\Delta S^*}{R}} \text{ (Equation n° 13)}$$

dont la forme linéaire est la suivante :

$$\ln \frac{k}{T} = \ln \frac{k_b}{h} + \frac{\Delta S^*}{R} - \frac{\Delta H^*}{RT} \text{ (Equation n° 14)}$$

Après la détermination de  $k$  par la méthode graphique de la variation de  $\ln C$  en fonction du temps [ $\ln C = f(t)$ ], les différents paramètres du modèle d'Eyring sont établis. Ainsi, le tracé de  $\ln \frac{k}{T}$  en fonction de  $\frac{1}{T}$  donne une droite dont la pente est  $\frac{\Delta H^*}{R}$  et l'ordonnée à l'origine  $\ln \frac{k_b}{h} + \frac{\Delta S^*}{R}$  permettent respectivement de calculer l'enthalpie d'activation et l'entropie d'activation.

## 2.5 LE MODÈLE DE BALL/BIGELOW

Le modèle de Ball exprime la thermo résistance du composé étudié par la connaissance des paramètres  $D_0$  et  $z$ . La réaction étant toujours du 1<sup>er</sup> ordre, l'équation du modèle de Ball (15) est exprimée comme suit :

$$D = D_0 10^{-\frac{T}{z}} \text{ (Equation n° 15)}$$

où  $D_0$  est le temps de réduction décimal à  $T=0^\circ\text{C}$  en secondes (s),  $T$  la température (en  $^\circ\text{C}$ ),  $z$  l'écart de température pour une variation de  $D$  d'un facteur dix (en  $^\circ\text{C}$ ). En introduisant la notion de logarithme décimale, l'équation (14) devient :

$$\log_{10} D = \log_{10} D_0 - \frac{T}{z} \text{ (Equation n° 16)}$$

A partir de l'équation (14), les paramètres du modèle de Ball-Bigelow sont obtenus en traçant la courbe  $\log_{10} D$  en fonction de  $T$ . Nous obtenons ainsi une droite dont la pente est  $-\frac{1}{z}$  et l'ordonnée à l'origine  $\log_{10} D_0$ .

### 2.5.1 ANALYSES STATISTIQUES

Les tests d'ANOVA (analyse de la variance) à un facteur utilisés dans ce travail de recherche, ont été réalisés avec le logiciel STATISTICA 7.1. L'objectif est de comparer la significativité des résultats analytiques des échantillons pour un paramètre donné. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ( $P < 0,05$ ) sont considérées comme significatives.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1 CHOIX DE LA VALEUR PASTEURISATRICE MINIMALE

Afin d'évaluer l'efficacité des traitements thermiques, des analyses microbiologiques, physicochimiques et l'évaluation de la couleur ont été effectués sur le nectar non traité et les échantillons pasteurisés. Le **Tableau 1** représente le récapitulatif des analyses physicochimiques et de l'évaluation de la couleur.

**Tableau 1. Résultat de la caractérisation physico-chimique initiale**

Paramètres		pH	ESS (°Brix)	Acidité titrable (mEq/L)	Vit. C mg/100mL	ST mg/100mL	SR mg/100mL
Nectar non pasteurisé		2,77 <sup>a</sup>	16,50 <sup>a</sup>	11,28 <sup>a</sup>	4,90 <sup>a</sup>	12,66 <sup>a</sup>	11,33 <sup>a</sup>
Nectar pasteurisé	VP1 : 30 min	2,84 <sup>a</sup>	15,80 <sup>a</sup>	11,53 <sup>a</sup>	3,82 <sup>b</sup>	12,65 <sup>a</sup>	11,38 <sup>c</sup>
	VP2 : 50 min	2,84 <sup>a</sup>	15,70 <sup>a</sup>	11,44 <sup>a</sup>	3,46 <sup>c</sup>	12,67 <sup>a</sup>	11,44 <sup>b</sup>
	VP3 : 70 min	2,83 <sup>a</sup>	15,20 <sup>a</sup>	11,47 <sup>a</sup>	3,34 <sup>e</sup>	12,70 <sup>a</sup>	11,47 <sup>e</sup>
	VP4 : 90 min	2,94 <sup>a</sup>	14,70 <sup>a</sup>	11,47 <sup>a</sup>	2,75 <sup>d</sup>	12,65 <sup>a</sup>	11,47 <sup>f</sup>
	VP5 : 110 min	2,84 <sup>a</sup>	14,60 <sup>a</sup>	11,38 <sup>a</sup>	2,39 <sup>f</sup>	12,67 <sup>a</sup>	11,53 <sup>d</sup>

ESS : extrait sec soluble ; Vit C : vitamine C ; ST : sucres totaux ; SR : sucres réducteurs

Les paramètres comme le pH, l'extrait sec soluble (°Brix), l'acidité et les sucres totaux (ST) n'ont pas subi de variation. Par contre, une variation a été observée pour la vitamine C et les sucres réducteurs (SR). Une diminution de la quantité de vitamine C a été observée à toutes les VP. La diminution de la quantité de vitamine C est proportionnelle avec l'augmentation de la VP. De même, pour les sucres réducteurs nous constatons une augmentation de ces derniers qui s'expliquerait par la conversion des sucres totaux. Cette conversion est proportionnelle avec l'augmentation de la VP. Par rapport aux paramètres de couleur, le **Tableau 2** nous montre que pour la clarté (L\*) et l'indice de jaunissement (IJ) il n'y a pas de différences significative entre le nectar non pasteurisé et ceux pasteurisés.

**Tableau 2. Résultats d'analyse des paramètres de couleur du nectar de Saba senegalensis**

	L*	a*	b*	IJ	
Nectar non pasteurisé	30,7 <sup>a</sup>	20,99 <sup>a</sup>	52,71 <sup>a</sup>	98,81 <sup>a</sup>	
NECTAR PASTEURISE	VP1 :30min	31,08 <sup>a</sup>	21,95 <sup>b</sup>	51,99 <sup>b</sup>	99,21 <sup>a</sup>
	VP2 :50min	29,41 <sup>a</sup>	21,73 <sup>b</sup>	50,96 <sup>b</sup>	99,22 <sup>a</sup>
	VP3: 70min	29,41 <sup>a</sup>	21,71 <sup>b</sup>	49,57 <sup>c</sup>	99,22 <sup>a</sup>
	VP4: 90min	29,77 <sup>a</sup>	21,34 <sup>b</sup>	48,55 <sup>c</sup>	99,19 <sup>a</sup>
	VP5:110min	29,72 <sup>a</sup>	21,97 <sup>b</sup>	48,47 <sup>e</sup>	99,2 <sup>a</sup>

Pour les valeurs de a\* représentant l'axe rouge, aucune différence significative n'est décelée entre les nectars pasteurisés mais une différence est noté entre ces derniers et celui non traité. Par rapport à b\* représentant l'axe jaune on note une différence entre le produit non traité et les produits traités, ce qui nous emmène à conclure que plus le temps de traitement est élevé plus l'intensité de la couleur jaune diminue (**Figure 4**).

Les résultats des analyses microbiologiques (**Tableau 3**) montrent tout d'abord que le nectar initial est très chargé en microorganismes surtout en flore mésophile aérobie totale et en levures. Cette contamination peut être celle du fruit initial ou probablement eu lieu durant la préparation des nectars au laboratoire. Le traitement thermique appliqué est efficace car aucun

germe n'a été trouvé à toutes les VP. Mais qu'en est-il lors du stockage aux différentes températures? La réponse à cette question va nous permettre de choisir au final la VP minimale qui aura une stabilité microbiologique tout en préservant la meilleure qualité nutritionnelle et organoleptique.



Fig. 4. Nectars traités aux différentes valeurs pasteurisatrice

Tableau 3. Caractérisation microbiologique du nectar initial et ceux pasteurisés aux différentes VP

Germe Recherchés (UFC/ml)	Nombre de microorganismes du nectar initial (UFC/ml)	Nombre de microorganismes des nectars pasteurisés à différentes VP (UFC/mL)				
		VP 1	VP 2	VP 3	VP 4	VP 5
FMAT	47,6.10 <sup>3</sup>	0				
Coliformes	00					
Lactobacilles	66.10 <sup>3</sup>					
Levures	28,3.10 <sup>3</sup>					
Moisissures	1.10 <sup>3</sup>					

Après deux mois d'étude de vieillissement et stockage à 4°C (température de conservation des produits pasteurisés) aucun germe n'a été détecté et pas de dégagement de gaz pour tous les échantillons. Ce qui nous emmène à orienter notre choix sur le produit qui a consommé le moins d'énergie lors du traitement d'une part et d'autre part qui a pu préserver au mieux les qualités nutritionnelles du nectar et dont la valeur pasteurisatrice minimale est comprise entre 30 min et 250 min. Ces considérations nous emmènent à choisir la VP de 50 min.

### 3.2 DETERMINATION DU MEILLEUR BAREME DE PASTEURISATION

#### 3.2.1 CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE INITIALE

Pour mieux optimiser la pasteurisation, cinq (5) barèmes équivalents à la VP de 50 min ont été choisis, en utilisant l'équation n° 2. Ainsi le **Tableau 4** représente les caractéristiques des différents barèmes de pasteurisation.

Tableau 4. Résultat des paramètres caractéristiques des traitements thermiques.

Température de Pasteurisation (°C)	Palier (min)	VP expérimentale
70	41	50
73	16	49,1
75	07	50.8
80	1	52.7
85	1	57,7

Après le traitement thermique avec nos différents barèmes équivalents à la VP minimale, des analyses microbiologiques ont été effectués afin de voir l'efficacité microbiologique (**Tableau 5**).

**Tableau 5. Caractérisation microbiologique du nectar initial et ceux pasteurisés aux différents barèmes de pasteurisation**

Germes Recherchés (UFC/ml)	Nombre de microorganismes du nectar initial (UFC/ml)	Nombre de microorganismes des nectars pasteurisés à différentes Barèmes (UFC/ml)				
		Bar1	Bar2	Bar3	Bar4	Bar5
FMAT	4,5.10 <sup>3</sup>	Aucun germe				
Coliformes	00					
Lactobacilles	8.7.10 <sup>2</sup>					
Levures	37,3.10 <sup>3</sup>					
Moisissures	2.10 <sup>3</sup>					

L'analyse du **Tableau 5** nous permet de dire que le traitement thermique est efficace car aucun germe n'a été trouvé à tous les barèmes de pasteurisation. Ceci confirme l'efficacité de notre valeur pasteurisatrice minimale. Les résultats de la caractérisation initiale des différents produits traités aux barèmes de pasteurisation calculés sont consignés dans le **Tableau 6**.

**Tableau 6. Résultat de la caractérisation initiale des échantillons traités aux différents barèmes de pasteurisation**

Paramètres	Produit non pasteurisés	Produits pasteurisés				
		Bar 1 (70°C/41)	Bar 2 (73°C/16)	Bar 3 (75°C/07)	Bar 4 (80°C/1)	Bar 5 (85°C/1)
Vitamine C (mg/100g)	16,83 <sup>a</sup>	11,53 <sup>b</sup>	11,91 <sup>b</sup>	11,15 <sup>b</sup>	9,04 <sup>d</sup>	8,94 <sup>e</sup>
pH	2,61 <sup>a</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,65 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	2,53 <sup>a</sup>
Acidité (mEq/100mL)	22,63 <sup>a</sup>	20,13 <sup>a</sup>	20,88 <sup>a</sup>	19,75 <sup>a</sup>	18,75 <sup>a</sup>	21,25 <sup>a</sup>
Sucre totaux (g/100g)	17,07 <sup>a</sup>	17,02 <sup>a</sup>	17,10 <sup>a</sup>	17,40 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>	17,30 <sup>a</sup>
Sucre réducteur (g/100g)	14,53 <sup>a</sup>	15,68 <sup>b</sup>	16,57 <sup>b</sup>	16,10 <sup>b</sup>	16,71 <sup>b</sup>	16,84 <sup>b</sup>
L*	31,72 <sup>a</sup>	31,14 <sup>a</sup>	30,25 <sup>a</sup>	31,09 <sup>a</sup>	30,03 <sup>a</sup>	30,8 <sup>a</sup>
a*	21,7 <sup>a</sup>	22,03 <sup>a</sup>	22,11 <sup>a</sup>	22,53 <sup>a</sup>	22,01 <sup>a</sup>	21,05 <sup>a</sup>
b*	53,87 <sup>a</sup>	53,27 <sup>a</sup>	51,49 <sup>a</sup>	52,89 <sup>a</sup>	51,06 <sup>b</sup>	50,54 <sup>c</sup>
IJ	99,22 <sup>a</sup>	99,27 <sup>a</sup>	99,34 <sup>a</sup>	99,25 <sup>a</sup>	99,32 <sup>a</sup>	99,35 <sup>a</sup>

L'analyse du **Tableau 6** nous permet de dire que les paramètres comme le pH, l'acidité, les sucres totaux et les paramètres de la couleur ne présentent pas de différence statistique significative. Les caractéristiques physico-chimiques n'ont donc pas beaucoup évolué après pasteurisation et ceci pour tous les traitements. Par contre nous constatons une augmentation considérable de la concentration en sucres réducteurs après pasteurisation pour tous les barèmes. Cette augmentation est due certainement à une inversion du saccharose. En effet, sous l'effet de la température et du temps de traitement, ce dernier est hydrolysé en fructose et glucose qui sont des sucres réducteurs. Une diminution de la quantité de vitamine C a été observée pour tous les échantillons avec des pertes allant de 30 % à 46 %. D'habitude à valeur pasteurisatrice égale le traitement à haute température pendant un temps court conserve mieux les éléments que pour des températures modérées pendant un temps plus long, tel n'est pas le cas pour les températures de 80 et 85°C. Ceci peut être dû aux conditions de traitement thermique, en effet les valeurs pasteurisatrices pratiques trouvées pour ces deux barèmes sont largement supérieures au barème théorique (**Tableau 4**).

### 3.2.2 RÉSULTAT DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES APRÈS STOCKAGE DE DEUX MOIS

Après stockage aux différentes températures 4, 20, 30 et 37°C, l'analyse des résultats physico-chimiques nous renseigne que l'acidité, le pH et les sucres réducteurs n'ont pas évolué pour tous les barèmes et à toutes les températures. Il y a donc absence de développement de microorganismes. La valeur pasteurisatrice minimale déterminée est efficace. Par contre, une diminution de la vitamine C a été observée pour tous les barèmes et à toutes les températures. Ainsi, le choix du meilleur barème va être dicté par la teneur en vitamine C et la couleur car étant les seuls paramètres qui ont subi une variation significative. La **Figure 5** nous permet de mieux comprendre les pertes en vitamine C après un stockage de 60 jours afin de pouvoir comparer les barèmes.



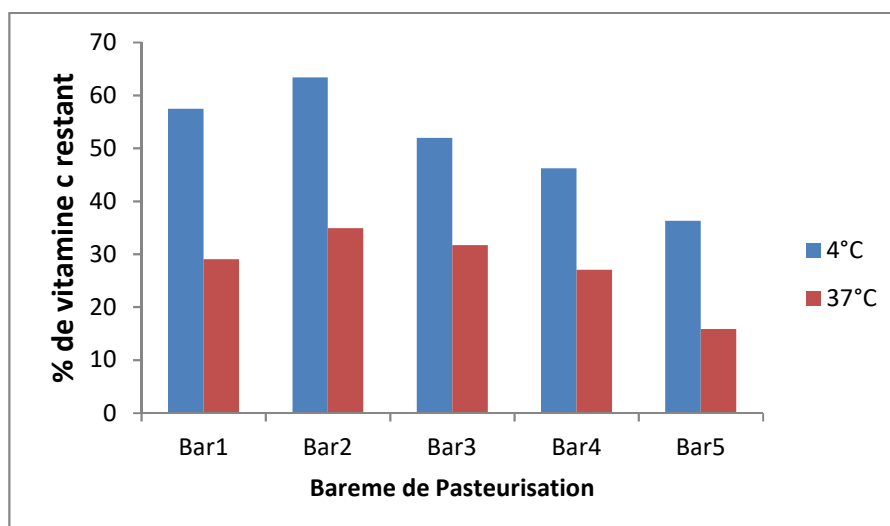


Fig. 5. Comparaison des teneurs résiduelles de vitamine C des échantillons pasteurisés aux différents barèmes après 60 jours de stockage

Après 60 jours de stockage, tous les échantillons ont conservé plus de 50 % de leur quantité initiale en vitamine C à 4°C à l'exception des barèmes 4 et 5, avec un meilleur résultat pour le bar 2 avec une conservation de 63,38% (Figure 5). De même une dégradation de la couleur jaune initiale a été observée à toutes les températures et pour tous les produits. Cette dégradation est plus limitée aux températures de 4°C, 20°C qu'aux températures de 30, 37°C (Figure 6 et 7). Au vu de ces résultats le bar2 (73°C/16min) conserve mieux les qualités nutritionnelles que les autres, ce qui nous emmène à le choisir comme meilleur barème. Ainsi le barème optimal de pasteurisation du nectar de *Saba senegalensis* est 73°C/16min.

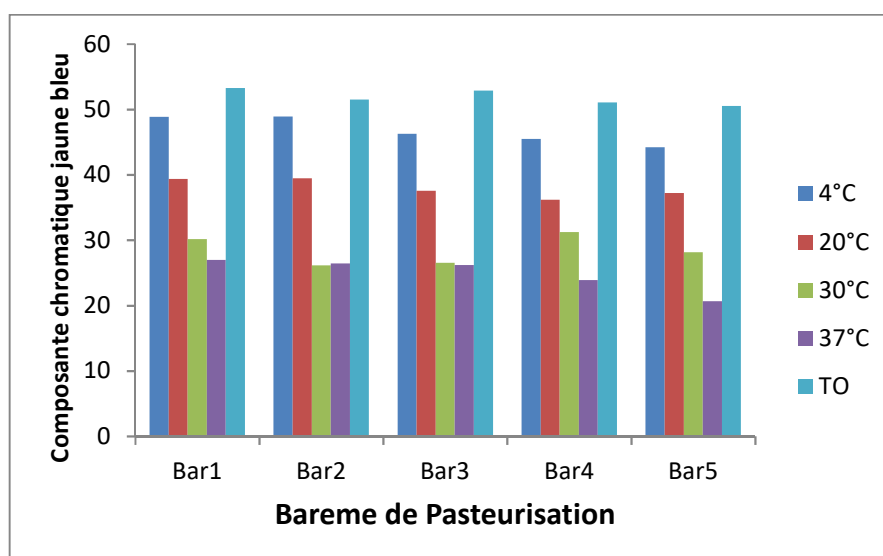


Fig. 6. Représentation de la couleur des échantillons traités aux différents barèmes après 60 jours de stockage aux températures de 4°C, 20°C, 30°C, 37°C



Fig. 7. Nectar traité au barème 73°C/16min stockés aux températures de 4°C, 20°C, 30°C, 37°C

### 3.2.3 MODÉLISATION DES CINÉTIQUES DE DÉGRADATION DE LA VITAMINE C

Des modèles ont été utilisés pour déterminer les pertes en vitamine C observés durant le stockage des différents nectars de maad traités avec des barèmes différents. La **Figure 8** montre que la dégradation de la vitamine C des produits pasteurisés suit une cinétique d'ordre 1.

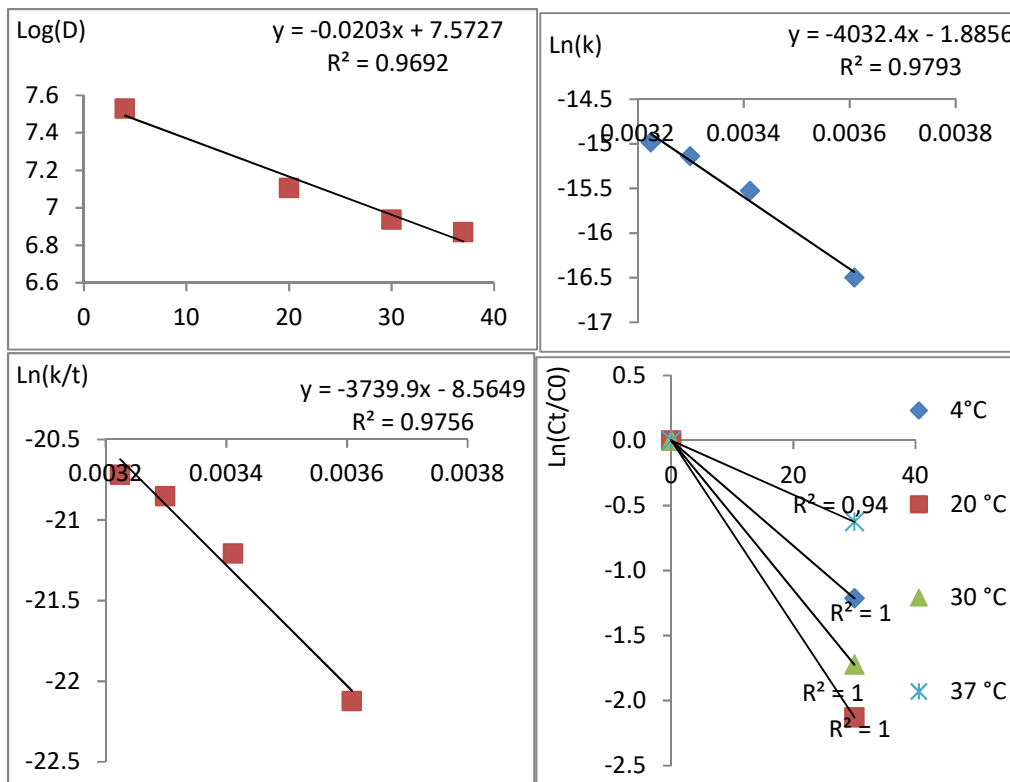


Fig. 8. Cinétiques de dégradation thermique de la vitamine C au cours du stockage

Tableau 7. Paramètres cinétiques des différents modèles des nectars de maad

Produits	Modèle d'Arrhenius			Modèle d'Eyring			Modèle de Ball		
	Kinf	Ea	R <sup>2</sup>	$\Delta H^*$	$\Delta S^*$	R <sup>2</sup>	D <sub>0</sub>	z	R <sup>2</sup>
Bar1	1,52.10 <sup>-1</sup>	33509	0,98	31079	-269	0,98	3,74E+07	49	0,97
Bar2	7,66E-01	39498	0,97	37068	-251	0,97	6,03E+07	42	0,96
Bar3	2,95E-03	23834	0,99	21403	-301	0,99	2,75E+07	69	0,99
Bar4	6,19E-02	31809	0,90	29379	-276	0,89	4,33E+07	52	0,89
Bar5	1,52E-02	26929	0,83	24499	-288	0,80	2,10E+07	60	0,85

Le produit pasteurisé avec le barème 2 présente une énergie d'activation beaucoup plus élevée que les autres traités avec les autres barèmes (**Tableau 7**). Ainsi pour le produit 2 une valeur de 39498 J/mol a été trouvée alors que les autres produits traités au barème 1, 3, 4 et 5 donnent respectivement 33509, 23834, 31809 et 26929 J/mol. Cette énergie d'activation est la quantité d'énergie minimale requise pour amorcer une réaction chimique ainsi la réaction de dégradation de la vitamine C commence avec le nectar qui a la plus faible énergie d'activation.

Tableau 8. Temps de  $t_{1/2}$  et D des différents produits

Produits	T1/2 (jours)				D90			
	4°C	20°C	30°C	37°C	4°C	20°C	30°C	37°C
Bar1	117	44	30	26	390	148	100	86
Bar2	187	56	42	29	622	186	138	98
Bar3	86	47	36	28	284	157	118	94
Bar4	139	58	30	37	461	193	101	124
Bar5	55	48	20	17	181	159	65	57

Le **Tableau 8** nous montre les temps de  $t_{1/2}$  et les D (temps de réduction décimale) des différents produits traités aux différents barèmes de pasteurisation. Ainsi, on a pour le barème 2 (bar2) à 4 °C un  $t_{1/2}$  de 187 jours et un D de 622 jours, alors que pour les autres produits traités aux différents barèmes on enregistre un  $t_{1/2}$  de 117 jours pour bar1, 86 jours pour bar3, 139 jours pour le barème 3 et 55 jours pour le barème 5 et des temps de réduction décimale pour les barèmes 1, 3, 4 et 5 respectivement de 390 jours ; 284 jours; 461 jours et 181 jours.

Tableau 9. Pourcentages de pertes en vitamine C obtenus au cours du stockage

		Modèles					
		Arrhenius	Eyring	Ball	Arrhenius		
		4°C			20°C	30°C	37°C
60 jrs	Bar1	31,45	31,46	31,95	56,63	73,15	83,06
	Bar2	21,44	21,45	21,88	45,94	65,01	77,60
	Bar3	38,73	38,76	39,06	57,76	69,58	77,08
	Bar4	27,54	27,55	28,03	49,58	65,12	75,36
	Bar5	48,29	48,31	48,46	71,31	83,43	89,86
90 jrs	Bar1	43,24	43,26	43,86	71,44	86,09	93,0
	Bar2	30,12	30,38	30,95	45,94	65,01	77,60
	Bar3	52,04	52,08	52,43	72,55	83,22	89,03
	Bar4	38,32	38,33	38,95	64,19	79,40	87,77
	Bar5	62,82	62,84	63,00	84,63	93,26	96,77
180 jours	Bar1	67,78	67,81	68,49	91,84	98,06	99,51
	Bar2	51,51	51,53	52,32	84,20	95,72	98,88
	Bar3	77,00	77,04	77,37	92,46	97,18	98,80
	Bar4	61,96	61,97	62,73	87,18	95,76	98,50
	Bar5	86,17	86,19	86,31	97,64	99,55	99,90

L'analyse du **Tableau 9** montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les différents modèles. Les prévisions de pertes faites à 6 mois montrent que le barème 2 (**73°C /16min**) va conserver 49 % de sa quantité initiale de vitamines C à 4 °C (**Tableau 9**).

#### 4 CONCLUSION

L'objet de cette étude était d'optimiser la pasteurisation du nectar de *Saba senegalensis* en déterminant la VP minimale et le meilleur barème de pasteurisation. Les résultats ont montré que le traitement de stabilisation par pasteurisation a une influence significative aussi bien sur les paramètres physico-chimiques que sur ceux microbiologiques du nectar. En effet, la pasteurisation détruit tous les microorganismes, influe moins sur la couleur initiale et a un effet moindre sur la dégradation de la vitamine C. L'essai de pasteurisation nous a permis de déterminer une VP minimale de 50 minutes, ce qui donne une stabilité microbiologique pendant au moins deux mois. À partir de cette dernière, différents barèmes ont été calculés et le suivi de ces derniers nous a permis de déterminer le barème 73°C/16min comme étant le meilleur. En effet, ce barème donne une meilleure conservation des qualités nutritionnelles du nectar à hauteur de 63,38 % de la quantité initiale de vitamine C à 4°C au bout de 2 mois. L'étude des cinétiques de dégradation de la vitamine C nous a permis de révéler que la vitesse de dégradation suivait une cinétique d'ordre 1. Les pourcentages de pertes en vitamine C obtenues avec les modèles nous ont permis de prévoir les pertes pour une durée déterminée. Au terme de cette étude une perspective se dégage, à savoir l'application industrielle du barème optimal pour finaliser l'optimisation de la pasteurisation, et déterminer dans le même temps la date limite de consommation des nectars de *Saba senegalensis*.

#### REFERENCES

- [1] AFTD (Agro forestry tree Database) available at: [http://www.worldagroforestry.org/tree\\_DBS/AFT/Speciesinfo.cfm?spID=17999](http://www.worldagroforestry.org/tree_DBS/AFT/Speciesinfo.cfm?spID=17999), 2016 (accessed 27 Juillet, 2016).
- [2] National Academy Press., Lost Crops de l'Afrique, 2008, Vol. 3 Fruits, 380p.
- [3] Berhaut J., flore illustrée du Sénégal, Dakar : clirafric, 1971. Tome i, 626p.
- [4] Leeuwenberg AJM and van Dilst FJH., Saba (Pichon) Pichon, series of revisions of Apocynaceae 1989 27. Bull. Jard. Nat. Belg. 59(1/2): 189-206.
- [5] Haddad C., fruitiers sauvages du Sénégal, univ. Montpellier, Thèse, France, 2000,372 p.
- [6] Baumer M., Arbres, arbustes et arbrisseaux nourriciers en Afrique occidentale, Enda- Éditions, série Études et recherches, Dakar, Sénégal, 1995.
- [7] Fall T., étude sur la collecte et l'analyse des données sur les produits forestiers non ligneux au Sénégal Dakar, programme de partenariat CE-FAO (1998-2001), 2001,37p
- [8] Bandoma.E., BSc. thèse, University for Development Studies Tamale, Ghana, 2009.
- [9] Burkill. H. M., The useful plants of West Tropical Africa. Families E-I. Royal Botanical Garden, 2 (5), Kew, UK, 2000, 636pages.
- [10] Arbonnier M., Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest, Cirad / MNHN /UICN, Mauguio, France, 2000.
- [11] Linda D., Nutritional composition and stability of *Saba senegalensis* fruit extract, Faculty of Agriculture University for Development Studies, Tamale, Ghana, International Conference on Neglected and Underutilized Species: for a Food-secure Africa, Accra, Ghana, 25-27 September 2013, 12p.