

Effet des bétalaïnes et tanins du moringa sur la stabilité des anthocyanes de boissons à base d'extrait aqueux d'*Hibiscus sabdariffa* L.

Papa Guedel FAYE*, Mady CISSE, Alioune SOW, Nicolas AYEISSOUS, Omar Ben Khatab CISSE, Mama SAKHO, Codou MAR DIOP et Medoune Gueye SARR

Université Cheikh Anta Diop, Centre d'Etudes sur la Sécurité Alimentaire et le Développement des Molécules Fonctionnelles (CESAM), Ecole Supérieure Polytechnique, BP 5080 Dakar Fann, Sénégal

* Correspondance, courriel : fayepapaguedel@gmail.com

Résumé

Les essais de stabilité des anthocyanes ont été réalisés entre 4 et 45 °C avec des boissons d'*H. Sabdariffa* contenant du jus de figue de barbarie et de tanins de moringa. L'analyse de la variance (ANOVA) a montré des différences significatives ($p < 0,05$) sur certains paramètres étudiés. Les résultats des suivis ont montré que le stockage des lots de boissons à des températures inférieures à 20 °C augmenté considérablement la durée de conservation. Entre 37 et 45 °C la dégradation des anthocyanes est accélérée par l'effet thermique. Le ratio à 4 mg.L⁻¹ de tannin de moringa affiche une meilleure stabilité durant deux mois de stockage à 4 °C. Une meilleure stabilité est obtenue à 37 °C avec le lot à 100 g.L⁻¹ de jus de fruit de figue de barbarie. Une analyse en composantes principale (ACP) nous a permis de classer les différentes boissons en fonction de leur concentration résiduelle en anthocyanes.

Mots-clés : *Hibiscus sabdariffa*, anthocyane, instable, moringa, tannin, stockage.

Abstract

Effects of betalains and tannin of moringa on the stability of anthocyanin in drinks of *Hibiscus sabdariffa* L.

The thermal stability of anthocyanin extract isolated from the dry calyces of *Hibiscus sabdariffa* L was studied over the temperature range 4, 15, 20, 37 and 45 °C in aqueous solutions (beverages) in the presence of gum arabic and tannin (moringa). Characterization of principal drinks was carried out. The analysis of variance (ANOVA) showed significant differences ($p < 0.05$) in some of the composition drink. Results showed that, the storage at temperatures lower at 20 °C increases considerably the shelf of these drinks. Using 4 mg.L⁻¹ of tannin resulted in a much more stable product as compared with sample beverages at 4 °C. At 37 °C using 100 g.L⁻¹ betalains give more stable product as compared with sample. The analysis of the results by the multivariate analysis tools (ACP) led to a simple classification of the drinks studied.

Keywords : *Hibiscus sabdariffa* L, anthocyanins, stability, degraded, tannin, moringa.

1. Introduction

Une des caractéristiques des calices d'*Hibiscus sabdariffa* est leur richesse en anthocyanes et d'agents antioxydants [1]. Ces derniers dont les teneurs peuvent atteindre 1,5 g.100 g⁻¹ de matière sèche [2] leur confèrent une couleur rouge. Cependant les anthocyanes d'*Hibiscus sabdariffa* sont connus pour leur instabilité [3 - 9]. Ainsi la couleur rouge obtenu à partir des calices devient très instable. Des tentatives de stabilisation des anthocyanes d'*Hibiscus sabdariffa* ont été réalisés par [10] dans différentes formulations de produits alimentaires (gelées, boissons, boissons carbonatées, poudres lyophilisées). [3] ont également étudié cette stabilité des anthocyanines d'*H. sabdariffa* L dans les produits alimentaires sec conditionnés (une préparation de boisson et un dessert de gélatine), alors que [11] examinaient les effets de différents composés chimiques (acide ascorbique, gallate propylique, sulfite de sodium) sur la stabilité des anthocyanes d'*H. sabdariffa*. Par ailleurs, le phénomène de co-pigmentation est l'un des mécanismes les plus importants de stabilisation des couleurs naturelles exprimées par les anthocyanes [10, 11]. La co-pigmentation intensifie et stabilise la couleur dans les conditions de pH où l'anthocyane est quasiment incolore. Elle a été déjà rapportée comme pouvant affecter la coloration rouge dans le jus du raisin [12]. Dans le cas de la stabilisation de la couleur des vins rouges, d'autres alternatives sont exploitées telles que l'utilisation de la gomme arabique et des tanins. Ainsi, l'introduction des tanins, permettrait aussi d'augmenter la stabilité des anthocyanes des extraits aqueux de *H. sabdariffa*. L'objectif des travaux est de voir l'effet des tanins du moringa et les bétalaine sur la stabilité des anthocyanes dans les boissons à base d'*Hibiscus sabdariffa*. Les résultats de ces essais font donc l'objet de ce présent article.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Les essais de stabilité des anthocyanes de boissons d'*Hibiscus sabdariffa* ont été réalisés avec la variété horticole dite «Vimto ». Cette variétés a été récoltée durant la campagne 2015 - 2016 et proviennent de la région de Diourbel dans le village de Bambeye. Il s'agit de calices, séchés et conditionnés dans des sacs de 50 kg en polyester. Les fruits de la figue de barbarie ont été cueillis à Dakar à la corniche. Les feuilles de moringa viennent de la région de Kaolack du Sénégal, conditionner en sac de 25 kg après séchage.

2-2. Méthodes

2-2-1. Production des boissons

Un extrait aqueux de calices d'*H. sabdariffa* est obtenu après quatre heures de macération dans un ratio calices / eau de 1 / 30 (kg.kg⁻¹). L'extrait final récupéré est doublement filtré puis divisé en trois lots : un lot rajouté de tanin de moringa à raison de 4 mg.L⁻¹ ; un lot contenant du jus de figue de barbarie à raison de 100 g.L⁻¹ et un lot témoin. Les boissons à 15 °Brix sont préparés avec rajout de sucre saccharose à froid sur chaque extrait, puis mélangés à froid jusqu'à dissolution complète au bout de 15 min.

2-2-2. Extraction des tanins du Moringa

Les tanins sont obtenus selon le procédé de [13]. Une masse de 100 g de feuilles de moringa est plongée dans 100 mL d'éthanol et 100 mL d'eau distillée. Le tout est chauffé à ébullition durant une heure sous réfrigérant. Après refroidissement et filtration, le filtrat est centrifugé à 3000 tr / min pendant 15 minutes. Le culot est récupéré et séché à l'étuve à 70 °C pendant 5 heures.

2-2-3. Pasteurisation et stockage

Les boissons sont caractérisées (**Tableau 1**) et remplies dans des bouteilles ambrées propres, désinfectées à l'eau de javel diluée à 100 ppm pendant trente minutes égouttés et séchées à l'étuve. Après remplissage et capsulage à froid, la pasteurisation est effectuée en bain-marie à la pasteurisatrice (VP 50) de 75 °C / 30 min, le refroidissement est effectué sous jet d'eau froide. Une bouteille témoin a été utilisée avec une sonde de température placée au centre géométrique pour suivre l'évolution de la température à cœur au cours de la pasteurisation. Les échantillons de boissons sont ensuite séparés et stockés à différentes températures (4, 15, 20, 37, et 45 °C). Cette expérience permet de voir l'influence de la température et la matrice ajoutée sur la stabilisation des anthocyanes. Des analyses sont effectuées toutes les deux semaines sur une période de trois mois afin de suivre les paramètres physico-chimiques. Les réactifs, les solvants organiques utilisés dans l'ensemble des travaux de recherche sont de pureté analytique. La pureté de l'eau distillée a été vérifiée en mesurant la conductivité. Afin d'éviter les contaminations des échantillons par des microorganismes, la verrerie utilisée (entonnoirs, béchers, pipettes, flacons, bouchons) a été étuvée pendant 20 min à 120 °C.

2-2-4. Dosage des anthocyanes

Le principe est basé sur la modification de la coloration des anthocyanes en fonction du pH (méthode pH-différentiel) selon les prescriptions de [14]. Après dilution de l'extrait de calices dans deux solutions tampon à pH 1,0 et pH 4,5. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre UV (*Specord 200 plus Germany*) à 510 et à 700 nm.

2-2-5. Détermination couleur, turbidité, conductivité

L'indice de dégradation de la couleur se détermine par le rapport des absorbances à 420 nm et à λ_{max} 520 nm suivant la méthodologie utilisée par [15]. C'est un indicateur de la stabilité de l'extrait pendant sa conservation dans des conditions déterminées. Les caractéristiques chromatiques sont déterminées par spectrophotométrie. La turbidité a été mesurée par un turbidimètre (*HE9 série 61076, Roumanie*) et la conductivité par un conductimètre (*Hanna instruments, Germany*) à 20 °C.

2-2-6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant l'ANOVA à un facteur avec le logiciel R version 3.2.4 Révisée (2016-03-16 r70336) et le logiciel Minitab17. Une analyse en composantes principales suivie d'une classification numérique sur les coordonnées des composantes de l'ACP a été réalisée. Pour une analyse donnée, la valeur X de chaque échantillon est assignée d'une lettre en exposant ($X^{(i)}$ où $i = a, b, c, \dots$). Les échantillons portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Caractérisation des boissons

Les résultats d'analyse des différentes boissons à base de calices rouge d'*Hibiscus sabdariffa* sont consignés dans le **Tableau 1** ci-dessous. Les analyses montrent des résultats assez homogènes pour l'ensemble des boissons au premier jour avant le stockage à différentes températures.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des boissons utilisées

	Témoin	Moringa 4 mg / L	Cactus 100 g / L
pH à 25 °C	2.3 ^a (± 0.2)	2.2 ^a (± 0.2)	2.5 ^a (± 0.2)
Brix à 20 °C g / 100 g	15.1 ^a (± 0.2)	14.9 ^a (± 0.2)	14.5 ^b (± 0.2)
Saccharose ajouté (g)	156.5 ^a (± 0.1)	156.5 ^a (± 0.1)	152.0 ^b (± 0.1)
Anthocyanes av pasteurisation (mg / L)	250 ^a (± 2)	247 ^a (± 3)	236 ^b (± 3)
Anthocyanes ap pasteurisation (mg / L)	243 ^a (± 3)	240 ^a (± 4)	220 ^b (± 3)
Turbidité en NTU à 20 °C	0	0	0
Conductivité lue à 20 °C	3050 ^a (± 45)	2910 ^b (± 37)	3870 ^c (± 40)
Densité	1.0610	1.0588	1.0569

3-2. Suivi de la concentration en anthocyane et l'intensité de coloration

L'analyse des résultats montre une tendance homogène des pertes aux différentes températures de stockage. Il est noté une dégradation des anthocyanes qui est faible à basse température (4 °C, 15 °C et 20 °C), et très accentuée à haute température (37 °C et 45 °C) pour toutes les boissons.

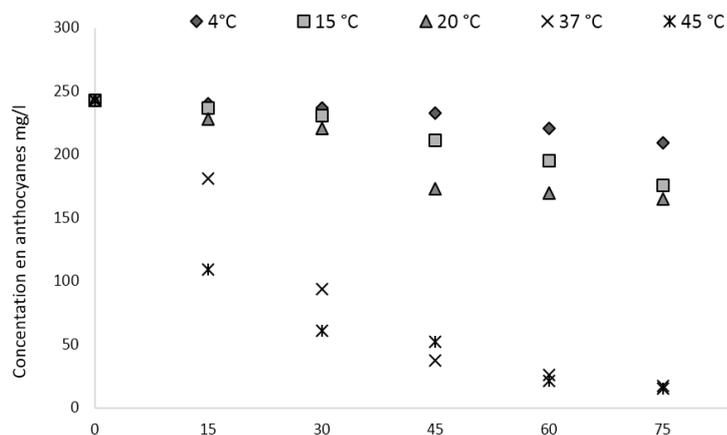


Figure 1 : Évolution de la concentration en anthocyanes témoin au cours du stockage (3 mois)

L'absorbance est mesurée à la longueur d'onde optimale de 520 nm. Les résultats du suivi montrent également des déperditions dans le temps qui sont plus importantes à 45 °C qu'à 4 °C (**Figures 2, 3**).

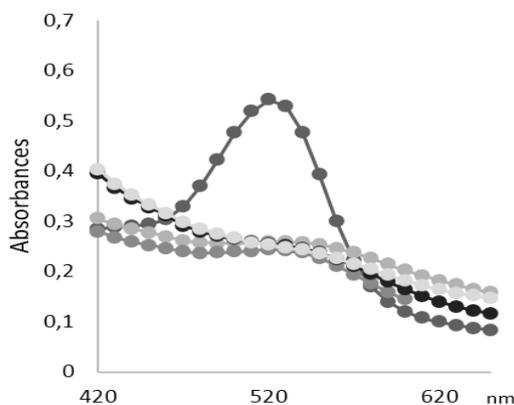


Figure 2 : Évolution de l'intensité colorante de la boisson témoin conservée à 45 °C, 3 mois

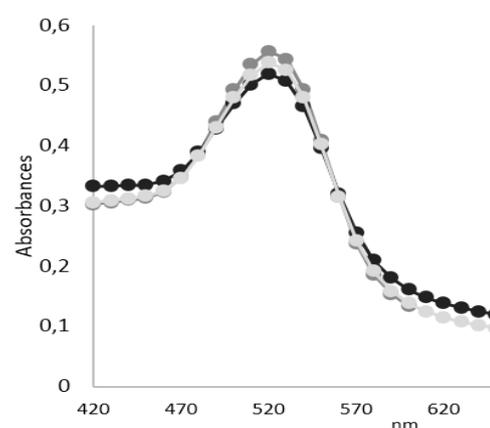


Figure 3 : Évolution de l'intensité colorante de la boisson témoin conservée à 4 °C, 3 mois

3-3. Résultats des essais de stabilisation durant le stockage des boissons (Figures 4 à 8)

Les taux de pertes en anthocyanes à différentes températures : 4 °C, 20 °C, 37 °C et 45 °C, sont montrés sur les différentes **Figures** ci-dessous.

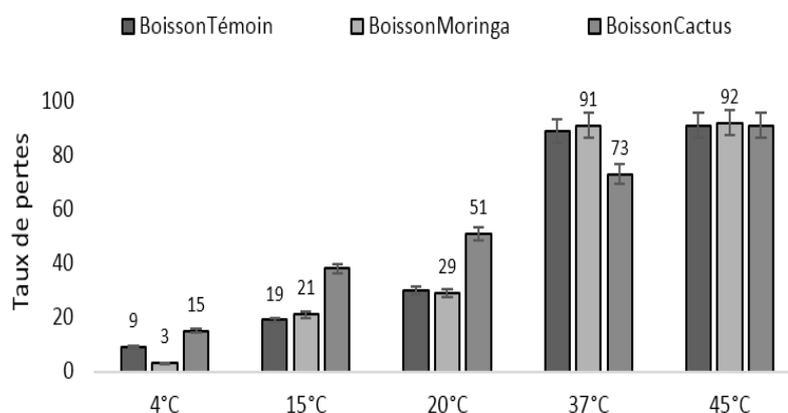


Figure 4 : *Évolution du taux de perte anthocyanes des lots de boisson en fonction des températures de stockage (60 jours)*

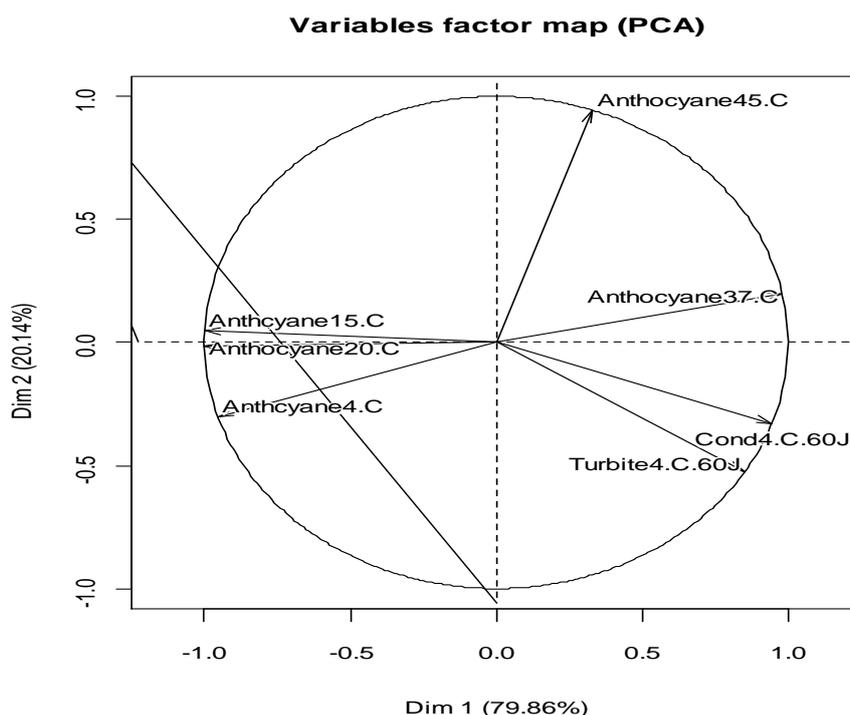


Figure 5 : *Corrélation entre les différentes concentrations en anthocyanes des boissons aux deux premières dimensions de l'ACP. (Logiciel R)*

Le graphique des valeurs propres (**Figure 5**) suggère que les deux premiers axes expliquent au total 100 % de l'inertie. Le premier plan factoriel (Dim 1) renferme 79,86 % d'inertie et le deuxième (Dim 2) 20,14 % d'inertie (**Figure 5**). Les variables concentration anthocyanes 4 °C, 15 °C et 20 °C sont fortement et négativement corrélée à la première dimension, tandis que les variables concentration anthocyanes 37 °C, conductivité et turbidité (4 °C / 60 jours) lui sont positivement corrélées. La dimension 2 est caractérisée par la variable anthocyanes 45 °C qui lui est corrélée positivement (**Figure 5**).

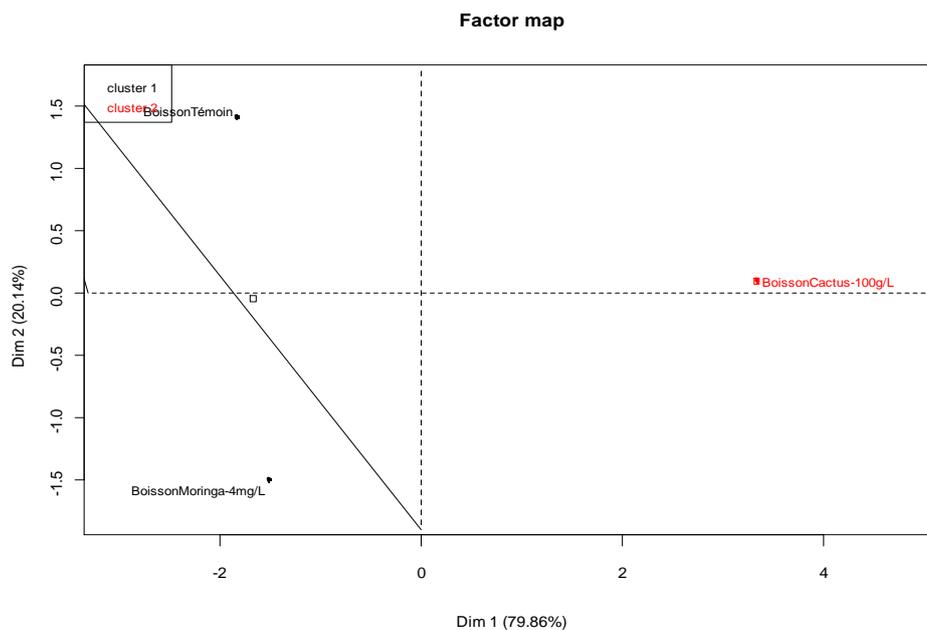


Figure 6 : Projection des classes de boisson selon la concentration en anthocyanes sur le plan factoriel de l'ACP. (Logiciel R)

Les lots de boisson sont regroupés en deux classes (**Figure 6**). La classe 1 est caractérisée par la boisson témoin qui contribue à 46.6 % sur la dimension deux, et la boisson à 4 mg.L⁻¹ de tannin de moringa qui contribue à 51.1 %. La deuxième classe caractérisée par la boisson à 100 g.L⁻¹ de jus de figue de barbarie avec une contribution de 66.4 % sur la première dimension. La **Figure 7** montre une baisse générale de l'absorbance en fonction de la durée de conservation corrélée avec la baisse de la concentration en anthocyanes.

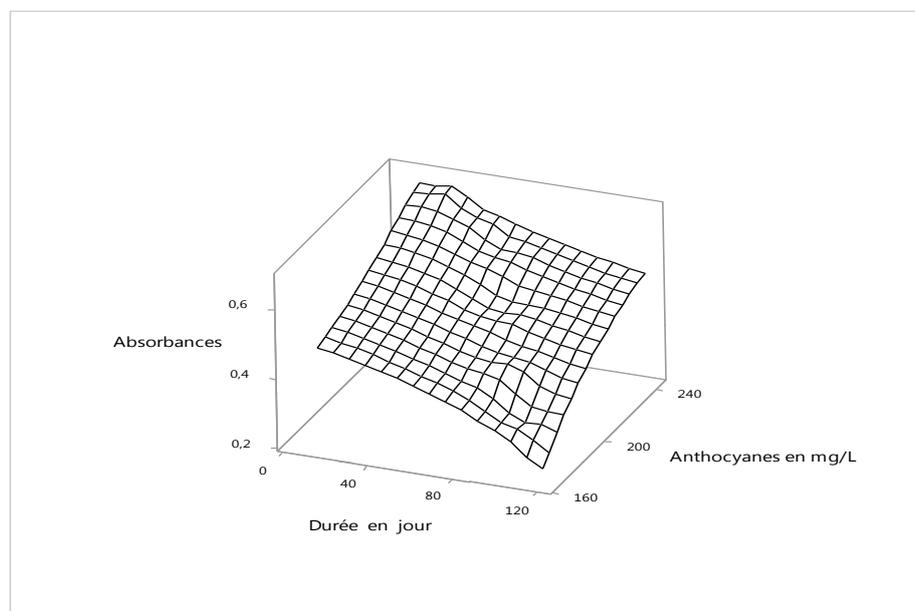


Figure 7 : Évolutions de l'absorbance et la concentration en anthocyanine au cours du stockage à 4 °C de la boisson témoin (sur logiciel Minitab 17)

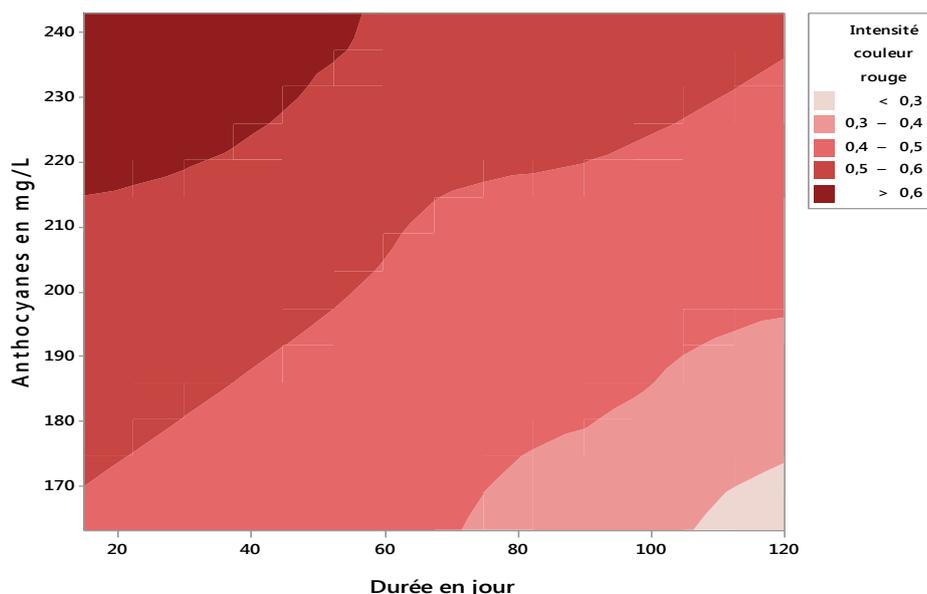


Figure 8 : Dégradation de la couleur rouge de la boisson témoin au cours du stockage à 4°C (sur logiciel Minitab 17)

3-4. Suivi de la conductivité des différents lots entre 4 °C et 45 °C

Une hausse générale de la conductivité est constatée (Figure 9) sur l'ensemble des boissons.

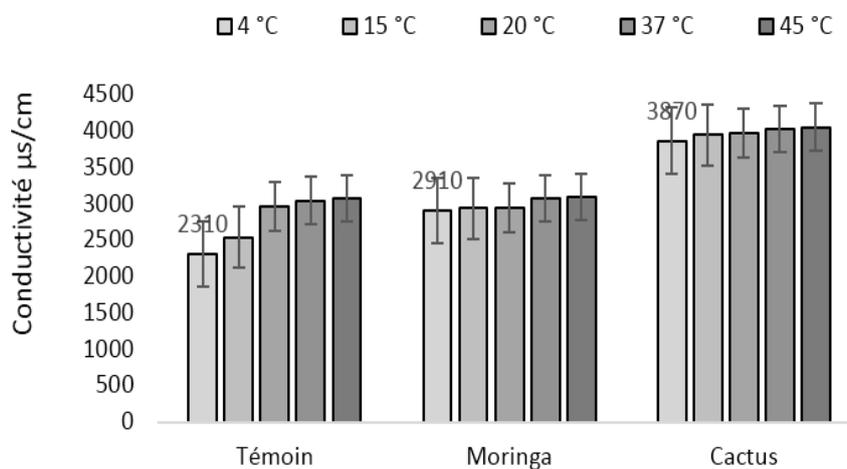


Figure 9 : Évolution de la conductivité au 60^{ème} jour de stockage

3-5. Résultats du suivi de l'évolution de la turbidité au cours du stockage

L'analyse de la Figure 10 montre des turbidités élevées par rapport au premier jour Tableau 1, et certaines décroissent inversement à la température de stockage.

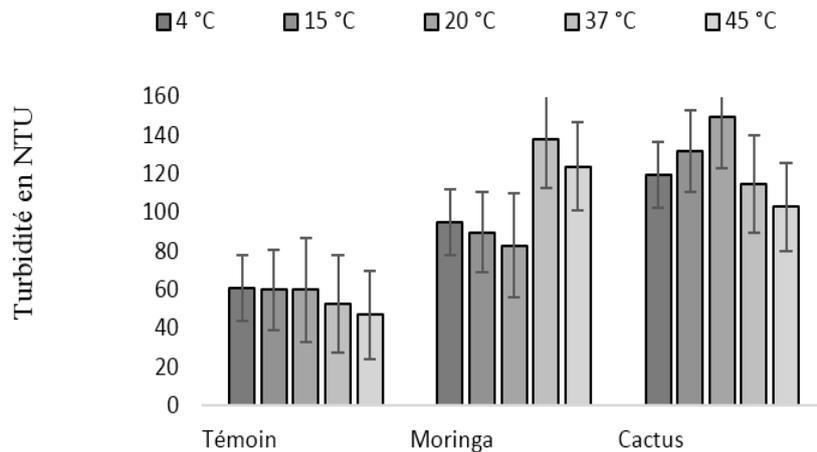


Figure 10 : Évolution de la turbidité au 60^{ème} jour de stockage

4. Discussion

4-1. Stabilité des anthocyanes au cours du stockage

Au cours de ces essais de suivi, les pertes en anthocyane dans les échantillons témoins sont proportionnelles aux températures de stockage et le sont plus significativement à 37 °C et 45 °C (**Figure 1**). Ces pertes en anthocyanes demeurent couplées à l'intensité colorante (**Figures 2-3**) et confirment que les anthocyanes sont très instables et thermolabiles [16]. Les résultats montrent donc que les meilleures températures de stockage des extraits de *H. sabdariffa* se situent entre 4 °C et 20 °C. Les tentatives d'amélioration de la stabilité des anthocyanes dans les conditions d'essais n'ont réussies qu'avec les tanins de moringa à raison de 4 mg.L⁻¹ à 4 °C (**Figure 4**). A cette concentration en tanin et pour des températures supérieures à 20 °C, l'effet de la chaleur semble prédominer (**Figure 4**). Par ailleurs, d'autres facteurs permettent d'optimiser la stabilité des anthocyanes dans les boissons. En effet, le sucre permet la réduction l'activité de l'eau, l'augmentation de l'effet hypertonique, l'inhibition des enzymes, ou la création des interférences stériques [14]. La co-pigmentation intermoléculaire entre les anthocyanes et les autres molécules flavonoïdes (catéchine, acides phénoliques) peut améliorer la stabilité des anthocyanes [6, 8]. Le phénomène s'explique par une réduction de la production de pseudo base carbinol et une stabilisation de la base quinonoidale [17, 18]. Cet effet de co-pigmentation a été recherché avec l'ajout de tanin dans les boissons. Un taux de pertes de 73 % est obtenu à 37 °C en deux mois de conservation sur la boisson ajoutée de 100 g.L⁻¹ de jus de fruit de figue de barbarie, contre un taux de perte de 89 % de la boisson témoin, soit une différence de 16 %. En trois mois de conservation à la même température 37 °C, nous obtenons une différence de 5 % de taux de perte en anthocyanes en moins pour la boisson à 100 g.L⁻¹ de jus de fruit de figue de barbarie (**Figure 4**), ces différences confirment l'effet des tanins [19]. Néanmoins la structure du co-pigment est aussi influencée par la température [20].

4-2. Évolution de l'intensité colorante au cours du stockage

Les résultats du suivi de l'absorbance à la longueur d'onde 520 nm, donne des valeurs qui chutent dans le temps (**Figure 2 - 3 - 7**) de 0,55 à 0,52 entre zéro et deux mois de conservation à 4 °C, et 0,53 et 0,24 à 45 °C pour la boisson témoin. Les anthocyanes peuvent réagir avec d'autres composés phénoliques qui résultent de formation complexe qui jouerait un rôle principal dans la chute de l'absorbance impliquant des changements de couleur (**Figure 8**). Cette chute de l'absorbance est en accord avec la diminution des teneurs en anthocyanes observée dans l'extrait au cours du stockage [21]. Par contre la co-pigmentation et la

polymérisation ont aussi été rapportées comme pouvant affecter la coloration rouge dans le jus du raisin [12]. Cependant, d'autres réactions de condensation peuvent être à l'origine de la décoloration des anthocyanes. Certains acides aminés, catéchines, ou autres nucléophiles en se condensant en présence de sels de flavylum, génèrent des produits moins colorés lesquels sont réactifs et subissent des changements supplémentaires [7].

4-3. Turbidité et conductivité

Une hausse générale de la conductivité est constatée sur l'ensemble des boissons (**Figure 9**). La conductivité mesure la capacité de l'extrait aqueux d'*H. sabdariffa* à transmettre le courant électrique. Elle traduit aussi la stabilité des anthocyanes par le billet du cation flavylum. Elle sera d'autant plus élevée que la quantité d'ions sera importante en solution. La mesure de la turbidité permet d'évaluer la réactivité de la matière colorante et polyphénol vis-à-vis des protéines et autres molécules dissoutes. C'est l'expression du trouble constaté dans les boissons. L'utilisation de jus de fruit de figue de barbarie et les tanins de moringa dans les boissons lors des essais entraînent une légère augmentation de la turbidité au cours du stockage (**Figure 10**). L'augmentation de ce trouble est variable et dépend de la matrice utilisée. Par ailleurs, l'intensité du trouble est inversement proportionnelle à la température de conservation des boissons témoins, et le lot rajouté de 4 mg.L⁻¹ de tanin de moringa pour les températures 4, 15 et 20 °C (**Figure 10**), confirmant les travaux de [22] réalisés sur le vin rouge.

5. Conclusion

L'utilisation de tanins de moringa concourt à diminuer le niveau d'instabilité des boissons d'*H. sabdariffa* lors du stockage à 4 °C durant deux mois. Son effet masqué aux fortes températures de stockage n'est pas mis en évidence par le suivi de la conductivité à différentes températures. Dans les conditions d'essais le ratio tanins / boisson s'est révélé trop faible pour être efficace pour des températures supérieures à 4 °C. A 37 °C de conservation, les meilleurs résultats sont obtenus avec les boissons à 100 g.L⁻¹ de jus de fruit de figue de barbarie. Au regard de ces travaux, chacune de ces techniques de stabilisation peut faire l'objet d'une optimisation avec des ratios variables de matrices nous permettant ainsi de prolonger selon les cas, les dates limites de consommation des boissons à base d'extrait aqueux d'*H. sabdariffa*.

Remerciements

Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire d'Electrochimie et des Procédés Membranaires (L.E.P.M.) et le Centre d'Etudes sur la Sécurité alimentaire et le Développement des Molécules fonctionnelles (CESAM) UCAD/ESP Dakar-Sénégal. Les auteurs remercient vivement le chef de laboratoire, ainsi que tout le personnel.

Références

- [1] - B. H. ALI, H. M. MOUSA and S. MOUGY, The effect of a water extract and anthocyanins of *Hibiscus sabdariffa* L. on paracetamol induced hepatotoxicity in rats, *Phytother. Res.*, 17 (1) (2003) 56 - 59
- [2] - M. CISSE, M. DORNIER, M. SAKHO, A. NDIAYE, M. REYNES, et O. SOCK. Le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.): composition et principales utilisations *Fruits*, 64 (3) (2009) 179 - 193
- [3] - F. M. CLYDESDAL, J. H. MAIN and, F. J. FRANCIS, Roselle (*Hibiscus subdunflu* L.) anthocyanins as colorants for beverages and gelatin desserts. *J. Food Protect*, 42 (1979) 204 - 207

- [4] - P. K. WONG, S. YUSOF, H. M. GHAZALI and Y. B. C. Man, Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Nutr. Food Sci.*, 32 (2002) 68 - 73
- [5] - P. MARKAKIS, Stability of anthocyanins in foods. In *Anthocyanins as Food Colors*, (P. Markakis, Ed.) *Academic Press, New York*, (1982) 163 - 181
- [6] - E. MACCARONE, A. MACCARONE and P. RAPISARDA, Acylated anthocyanins from oranges. *Annali Di Chemical*, 75 (1-2) (1985) 79 - 86
- [7] - G. HRAZDINA, Reactions of the anthocyanidin-3, 5-diglucosides : formation of 3,5-di-(O- β -D-glucosyl)-hydroxyl-7-hydroxy coumarin. *Phytochemistry*, 10 (1971) 1125 - 1130
- [8] - J. FRANCIS, Food colorants : Anthocyanins. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 28 (1989) 273 - 274
- [9] - H. H. CHEN, P. J. TSAI, S. H. CHEN, Y. M. SU, C. C. CHUNG and T. C. HUANG, Grey Relational Analysis of Dried roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*), *Journal of Food Processing and Preservation*, 29 (2005) 228 - 245
- [10] - W. B. ESSELEN, G. M. SAMMY, Roselle a natural red colorant for foods. *Food Prod. Dev.*, (1) (1973) 80 - 86
- [11] - M. P. POUGET, B. VENNAT, B. LEJEUNE and A. POURRAT, Extraction analysis and study of the stability of *Hibiscus* anthocyanins. *Lebensmiss.u.Technol*, N° 23 (1990) 103 - 105
- [12] - J. F. HARBERTSON, J. A. KENNEDY and D. O. ADAMS, Tannin in Skins and Seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah, and Pinot Noir Berries during Ripening, *Am. J. Enol. Vitic.*, 53 (1) (2002) 54 - 59
- [13] - D. S. SEIGLER, S. SEILHEIMER, J. KEESY, and H. F. HUANG, Tannins from Four Common Acacia species of Texas and Northeastern Mexico *Economic Botany*, 40 (2) (1986) 220 - 232
- [14] - R. E. WROLSTAD, J. D. CULBERTSON, C. J. CORNWELL and L. R. MATTICK, Detection of Adulteration in Blackberry Juice Concentrates and Wines. *J. Assoc off Anal. Chem.*, 65 (6) (1982) 1417 - 1423
- [15] - B. A. CEVALLOS, L. CISNEROS-ZEVALLOS, Stability of anthocyanin based aqueous extracts of Andean purple corn and red fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chem.*, N° 86 (2004) 69 - 77
- [16] - G. SKREDE, R. E. WROLSTAD and R. W. DURST, Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*). *J. Food Sci.*, N° 65 (2000) 357-364
- [17] - R. BROUILLARD, in "Anthocyanins as Food Colors", Ed. *Academic press, New York*, (1982) 1 - 40
- [18] - R. BROUILLARD, G. MAZZA, Z. SAAD, A. M. ALBRECHT-GARY. *J. AM. Chem. Soc.*, (1989) 2604
- [19] - E. MINIATI, P. DAMIANI and G. MAZZA, Copigmentation and self-association of anthocyanins in food model systems. *Ital. J. Food Sci.*, N° 4 (1992) 109 - 116
- [20] - N. KAHN, Mise en évidence de la stabilisation de la couleur par différents tannins de pépins de raisin. *Revue des OEnologues*, 118 (2006) 33
- [21] - A. SINELA, N. RAWAT, C. MERTZ, N. ACHIR, H. FULCRAND, H., & M. DORNIER, Anthocyanins degradation during storage of *Hibiscus sabdariffa* extract and evolution of its degradation products. *Food Chemistry*, 214 (2017) 234 - 241
- [22] - V. MOINE et D. DUBOURDIEUX, Une mannoprotéine à ancre GPI responsable de la stabilisation tartrique des vins - Derniers développements industriels. *Revue Française d'Œnologie* 193 (2002) 32 - 35