

Valorisation des anthocyanes d'*Hibiscus sabdariffa* comme colorant dans la fabrication de yaourt brassé

Papa Guedel FAYE^{1,2*}, Omar TOURE^{1,2}, Marième Brigitte NDIONGUE¹,
Oumar Ibn Khatab CISSE^{2,3}, Alioune SOW^{2,4}, Cyrille AYEISSOU^{1,2} et Mady CISSE^{1,2}

¹ Université Cheikh Anta Diop, BP 5080 Dakar Fann, Sénégal (UCAD), Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar (ESP), Département Génie Chimique et Biologie Appliquée (DGCBA), Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels (LE3P)

² Centre d'Etudes sur la Sécurité Alimentaire et les Molécules Fonctionnelles (CESAM), Dakar, Sénégal

³ Université Iba Der THIAM, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture, BP A296 Thiès, Sénégal

⁴ Université Gaston BERGER, UFR Sciences Agronomiques, de l'Aquaculture et des Technologies Agroalimentaires, Saint Louis

(Reçu le 16 Août 2023 ; Accepté le 19 Septembre 2023)

* Correspondance, courriel : papaguedel.faye@ucad.edu.sn

Résumé

Cette étude a pour objectif d'explorer les possibilités de valorisation des anthocyanes extraits des pétales d'*Hibiscus sabdariffa* en tant que colorant naturel dans le processus de fabrication de yaourt brassé. Différentes concentrations de colorant ont été testées pour déterminer l'impact sur la couleur, la texture et les propriétés sensorielles du yaourt. Des analyses physico-chimiques ont été réalisées pour évaluer la qualité du produit final. Les résultats ont montré que les anthocyanes d'*Hibiscus sabdariffa* peuvent être utilisés efficacement comme colorant dans la fabrication de yaourt brassé. Le yaourt coloré à raison de 1000 µL de concentré d'anthocyanes donne plus de satisfaction par rapport au goût de bissap, sa couleur rouge et son acidité en plus de l'aspect naturel du produit. Ces travaux ont permis de produire des yaourts colorés de manière naturelle, tout en conservant la qualité. L'utilisation d'anthocyanes d'*Hibiscus sabdariffa* comme colorant dans la fabrication de yaourt brassé est une approche viable pour répondre à la demande croissante de produits alimentaires naturels et sains.

Mots-clés : yaourt, colorant, anthocyanes, test sensoriel, *Hibiscus sabdariffa*.

Abstract

Valuation of *Hibiscus sabdariffa* anthocyanins as a coloring agent in the manufacturing of brewed yoghurt

This study aims to explore the possibilities of valorizing anthocyanins extracted from the petals of *Hibiscus sabdariffa* as a natural coloring in the process of manufacturing stirred yogurt. Different concentrations of coloring were tested to determine the impact on the color, texture and sensory properties of the yogurt. Physico-chemical analyzes were carried out to assess the quality of the final product. The results showed

that anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* can be effectively used as a coloring agent in the manufacture of stirred yogurt. Colored yogurt with 1000 μL of anthocyanin concentrate gives more satisfaction in relation to the taste of bissap, its red color and its acidity in addition to the natural appearance of the product. This work made it possible to produce naturally colored yogurts, while maintaining quality. The use of anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* as a color in the manufacture of stirred yogurt is a viable approach to meet the growing demand for natural and healthy food products.

Keywords : *yogurt, coloring, anthocyanins, sensory test, Hibiscus sabdariffa.*

1. Introduction

La couleur propre d'un corps, est la propriété qu'il possède d'absorber une partie des rayons colorés du spectre et de laisser traverser les autres, s'il est transparent, ou de les réfléchir, s'il est opaque [1]. La couleur des produits alimentaires est l'un des enjeux majeurs de l'industrie alimentaire. En effet, elle est le premier attribut à être perçu dans les aliments et boissons. Elle est généralement corrélée positivement avec les indices de qualité par le consommateur. Face aux récentes interdictions de certains colorants de synthèse artificiels pour des raisons toxicologiques, l'utilisation de pigments naturels, extraits de plantes est devenue une réelle opportunité économique [2]. Depuis quelques décennies, l'industrie alimentaire mondiale utilise une quantité de plus en plus importante de colorants naturels ou de synthèse (en France, de 100 à 150 tonnes par an) surtout dans les conserves, les confiseries, les boissons, mais aussi dans la charcuterie, les fruits et légumes, les matières grasses (huile, beurre, fromage) et le yaourt [3]. Le yaourt est originaire des pays orientaux et d'Europe Centrale (Bulgarie) a conquis l'Europe au début du 19^{ème} siècle, notamment après les travaux désormais célèbres de METCHNIKOFF en 1904 sur les "causes du vieillissement" [4]. Le yaourt peut être considéré comme une alimentation fonctionnelle et des vertus santé ont été associées à sa consommation [5, 6]. Les colorants apportent de la couleur, de l'originalité aux yaourts et les rendent plus attractif aux yeux des consommateurs. La qualité du yaourt (consistance, arôme et flaveur) dépend en grande partie de la teneur du lait en extrait sec total. L'augmentation de cette teneur améliore les propriétés organoleptiques du yaourt, en particulier sa consistance qui est plus ferme [7, 8]. L'utilisation des substances d'origine naturelle comme bio-conservateurs et colorants naturels, est de plus en plus apprécié par les consommateurs comme alternative aux produits chimiques hautement dangereux pour la santé humaine [9]. L'objectif de ces travaux est d'utiliser les anthocyanes de calices rouges d'*hibiscus sabdariffa* comme colorant alimentaire naturel dans la fabrication de yaourt brassé. Pour cela, différentes doses (100, 150, 200, 250, 300 et 1000 $\mu\text{L.g}^{-1}$ de yaourt) ont été testées et la mesure des paramètres physicochimiques (pH, Brix et l'acidité titrable), suivi de tests sensoriel sont effectuées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Les essais de coloration de yaourts ont été réalisés avec les variétés horticoles dites « Vimto ». Ces variétés ont été récoltées durant la campagne 2022-2023 et proviennent de la région de Kaolack dans le village de Latmingué (Sénégal). Les ferments (concentrés congelés ou lyophilisés) sont repiqués stérilement. Ils sont contrôlés et conservés à 4 °C au réfrigérateur. Les ensemencements ont été pratiqués le plus stérilement possible.

2-2. Technique de production du yaourt brassée

La production du yaourt brassé est un processus qui nécessite des étapes spécifiques pour obtenir un produit de qualité. La fabrication du yaourt brassé passe par une préparation de lait suivi d'une pasteurisation pour éliminer les bactéries indésirables et les enzymes. Des souches de bactéries lactiques, telles que *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, sont ajoutées. Le mélange lait-culture est chauffé pour permettre aux bactéries de se développer. La fermentation transforme le lactose en acide lactique, acidifiant le produit et le solidifiant. Ensuite, la température est réduite pour arrêter la fermentation. Le yaourt est mélangé avec ajout du colorant anthocyane pour obtenir une coloration rouge et une texture lisse et homogène.

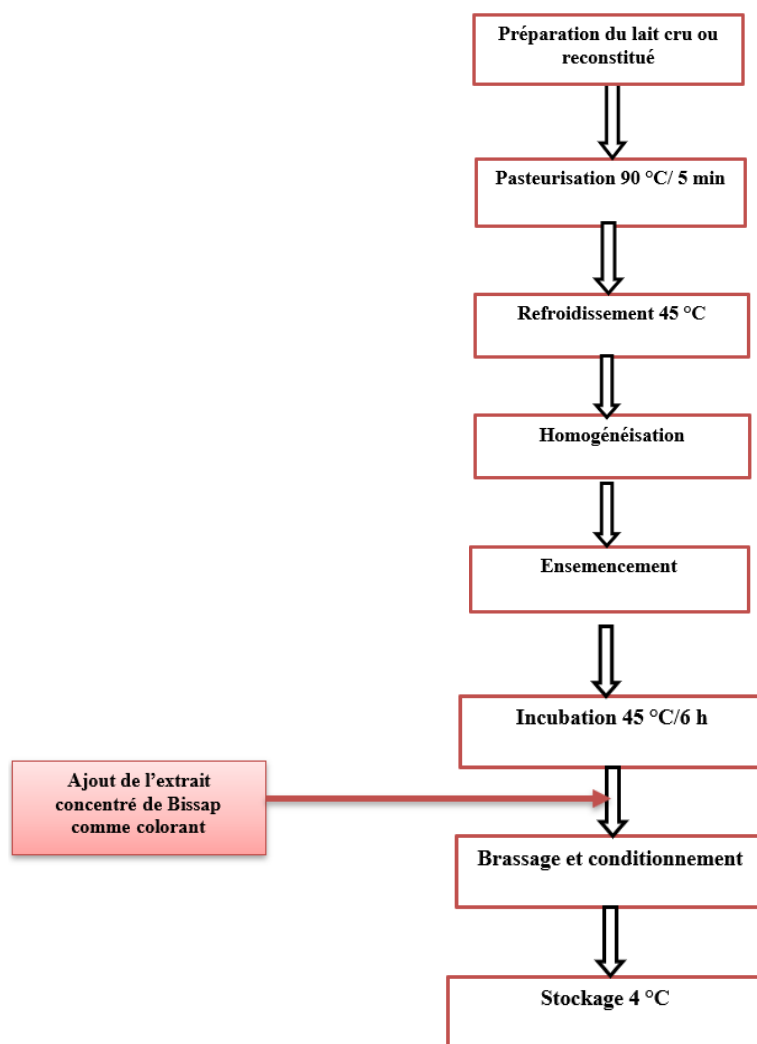


Figure 1 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé [10 - 13]

2-3. Test hédonique

Un test axé sur le consommateur. Il s'agit de recueillir les réponses individuelles liées à l'acceptation ou à la préférence. Les étapes suivies sont : la sélection des échantillons, l'établissement du questionnaire et le test proprement dit [14 - 16]. L'analyse statistique des données du test sensoriel permet de dégager les échantillons à utiliser pour le test de consommation. Les échantillons sont conditionnés à raison de 50 g de yaourt environ dans des gobelets jetables codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Les

caractéristiques sensorielles ont été évaluées par un panel de dégustateurs de 15 personnes. Tous les échantillons ont été présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre aléatoire. Chaque dégustateur pouvait goûter à volonté plusieurs fois les échantillons tout en se rinçant la bouche à l'eau potable avant de passer à un autre échantillon. Les caractéristiques sensorielles évaluées sont : le goût de bissap, le goût acide, la couleur rouge, orange, l'arôme, et la texture des yaourts. Une échelle de notation à neuf (09) niveaux allant de « Pas (coloré, acide) » à « Extrêmement (coloré, acide) » a été utilisée.

2-4. Méthode d'Analyse descriptive quantitative

Il s'agit d'une méthode descriptive connue sous le nom de Quantitative Descriptive Analysis (QDA) [17, 18]. Les résultats de QDA peuvent être présentés graphiquement comme une "toile d'araignée", avec des lignes partant du centre représentant un descripteur individuel et la distance entre le point central et un point tracé représentant l'intensité mesurée de ce descripteur [19]. Les différentes étapes de la méthode consistent à choisir les échantillons à tester, puis la génération des attributs. Un pré-test est réalisé avant le test final et le traitement des données.

2-5. Détermination de l'acidité titrable et du pH

Le but est de mesurer approximativement la teneur totale en acides organiques naturels. Le dosage de l'acidité est effectué avec une base forte (NaOH 0,1 N). La concentration des acides dans les aliments, tels que l'acide lactique et malique, est déterminée par titrage d'une prise d'essai à l'hydroxyde de sodium jusqu'à virage à un pH de 8,1 [20]. Le potentiel hydrogène est une expression globale de l'acidité d'un produit mesurer à 25 °C par un pH-mètre muni d'une sonde de température de marque *HANNA HI2020-02 EDGE*.

2-6. Détermination du brix

Le Brix est défini comme étant majoritairement la concentration en saccharose (matières sèches solubles) d'une solution. Cette concentration mesurée à 25 °C par l'indice de réfraction est ensuite exprimée par le pourcentage en masse (g/100 g), est mesurée selon une méthode normalisée (NA 5669) au moyen d'un réfractomètre universel. Réfractomètre type Abbe ATAGO avec lecteur digital et correction de température.

2-7. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R version 3.2.4 -2018. Les échantillons portant la même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5 % [21].

3. Résultats et discussion

3-1. Caractérisation des lots de yaourts

Les résultats d'analyses des différents yaourts sont consignés dans le **Tableau 1**. Les résultats montrent que l'ajout de l'extrait concentré a un effet significatif ($p < 0.05$) sur l'acidité titrable, le pH et le brix des yaourts traités. En effet l'acidité titrable augmente proportionnellement avec l'augmentation de la quantité d'extrait anthocyanique ajouté. La valeur de l'acidité titrable passe de 86,55 à 170,17 mEq/L entre zéro et 1000 µL de concentré ajouter tandis que le pH chute de 0,28 unité de pH et la matière sèche totale diminue 4,6 % avec l'effet de la dilution due à l'ajout du colorant (**Tableau 1**). L'augmentation de l'acidité titrable et le chute du pH pourraient être attribuées à la présence des acides organiques, minéraux et acides aminés dans les calices d'*H. Sabdariffa* à des teneurs variables suivant la variété et la zone géographique rapporté par Cissé [22].

Tableau 1 : Caractérisation des yaourts

Lots de Yaourt	Masse de yaourt (g)	Extrait concentré (µL)	pH après mélange	Brix après mélange	Acidité titrable (mEq/L)
Produit 1	80 ± 1	0	3,63 ± 0,02 ^b	26,12 ± 0,52 ^b	86,55 ± 0.59 ^a
Produit 2	80 ± 1	100	3,71 ± 0,02 ^a	26,00 ± 0,52 ^a	99,39 ± 1.19 ^f
Produit 3	80 ± 1	150	3,70 ± 0,02 ^a	24,60 ± 00 ^c	106,37 ± 0.84 ^e
Produit 4	80 ± 1	200	3,68 ± 0,00 ^{ab}	25,13 ± 0,05 ^{bc}	111,04 ± 1.29 ^d
Produit 5	80 (±1)	250	3,64 ± 0,00 ^b	25,73 ± 05 ^{ab}	115,84 ± 0.95 ^c
Produit 6	80 (±1)	300	3,65 ± 0,01 ^b	25,23 ± 0,05 ^{bc}	122,13 ± 1.48 ^b
Produit 7	80 (±1)	1000	3,35 ± 0,02 ^c	24,80 ± 0,05 ^d	170,17 ± 2.67 ^a

La **Figure 2**, montre l'évolution de l'intensité de la coloration rouge en fonction du ratio de concentré ajouté. L'évolution de l'intensité de la coloration rouge en fonction du ratio de colorant ajouté suit une relation directe, c'est-à-dire que plus vous ajoutez de colorant, plus l'intensité de la couleur rouge augmente.



Figure 2 : Colorations obtenues après incorporation de l'extrait concentré

3-2. Analyses des données sensorielles

L'analyse des données sensorielles est une discipline essentielle qui s'attache à explorer et à comprendre les informations captées par nos sens, tels que la vue, l'ouïe, le goût, l'odorat et le toucher. Ces données sensorielles revêtent une importance cruciale dans le domaine de l'industrie agroalimentaire.

3-2-1. Analyse en composantes principales et corrélation des paramètres des échantillons

Les paramètres caractéristiques de chaque yaourt ont été identifiés par l'analyse en composantes principales (ACP). Le graphique des valeurs propres suggérait que les deux premiers axes expliquaient au total 82,83 % de l'inertie. Le premier plan factoriel (axe 1) renfermait 57,68 % d'inertie et le deuxième (axe 2) 25,15 % d'inertie (**Figures 3 et 4**). La variable couleur rouge est fortement et positivement corrélée à la première dimension ($r = 0,94$, $p = 0,000$). Les variables goût de bissap ($r = 0,93$, $p = 0,000$) et goût acide ($r = 0,89$, $p = 0,001$) sont corrélés avec la première dimension correspondant au yaourt avec ajout de 1 mL de concentré d'anthocyanes. La dimension 2 est caractérisée par la variable couleur orange ($r = 0,94$, $p = 0,000$) qui lui est corrélée positivement. Il ressort des résultats, que les yaourts à 1000 µL et 300 µL sont plus notés par rapport au goût acide, goût de bissap et couleur rouge. Les variables les plus caractéristiques d'une classe sont celles dont les valeurs-tests associées sont supérieures en valeur absolue à 2. De plus, si cette valeur-test est positive pour une variable, celle-ci a une valeur élevée dans la classe considérée [23, 24]. Par contre si la valeur est négative, la variable a une valeur faible pour la classe considérée. En calculant la moyenne de ces variables, on constitue ainsi le profil-type de la classe.

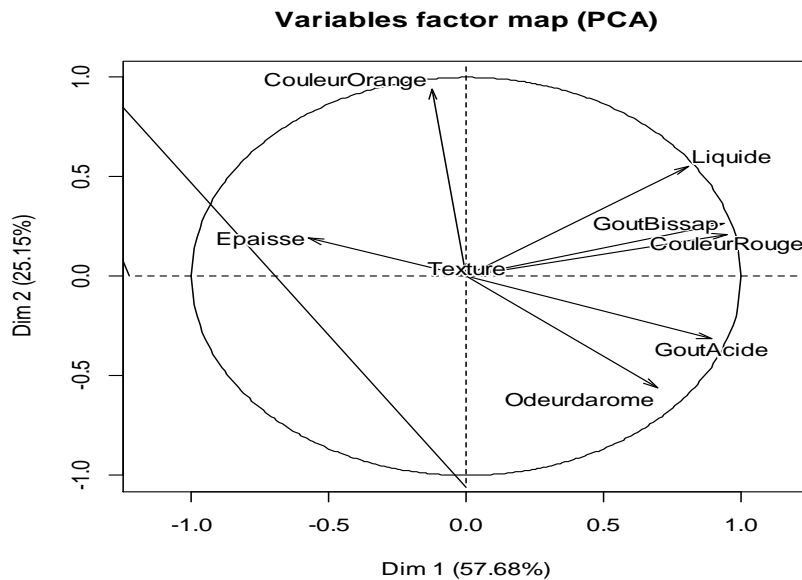


Figure 3 : *Corrélation entre les différents attributs aux deux premières dimensions de l'ACP (Cercle de corrélation des attributs des yaourts)*

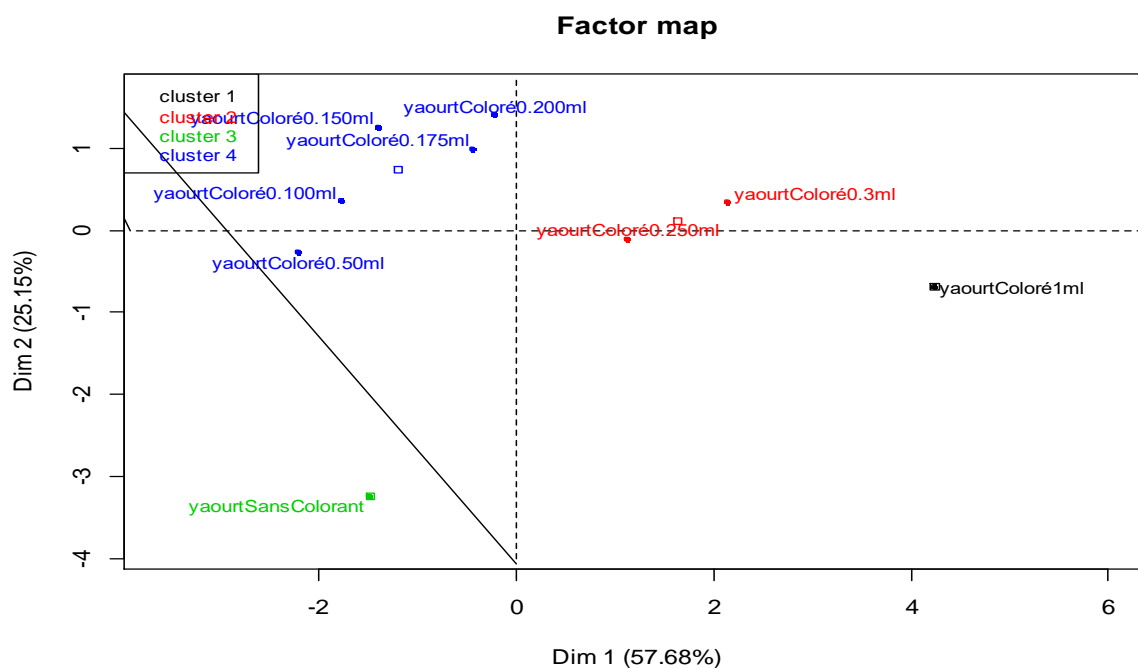


Figure 4 : *Corrélation entre les différents attributs aux deux premières dimensions de l'ACP*

3-2-2. Corrélation des attributs par rapport aux produits

La corrélation des attributs par rapport aux produits sur la carte factorielle est une analyse importante dans le domaine de l'analyse des données sensorielles et de l'analyse multivariée en général. Cette technique vise à établir des relations entre les caractéristiques (ou attributs) des produits et leur position sur une carte factorielle obtenue par une analyse en composantes principales (ACP). La **Figure 5** montre la carte factorielle qui associe les attributs aux différents yaourts selon le choix des consommateurs interrogés. Les

attributs goût acide, goût de bissap, couleur rouge sont associés aux yaourts ajoutés respectivement de 0,25 mL, 0,3 mL et 1 mL d'extrait concentré de Bissap. Les attributs épaisse, couleur orange sont associés aux yaourts avec ajout de 0,1, 0,15 et 0,20 mL.

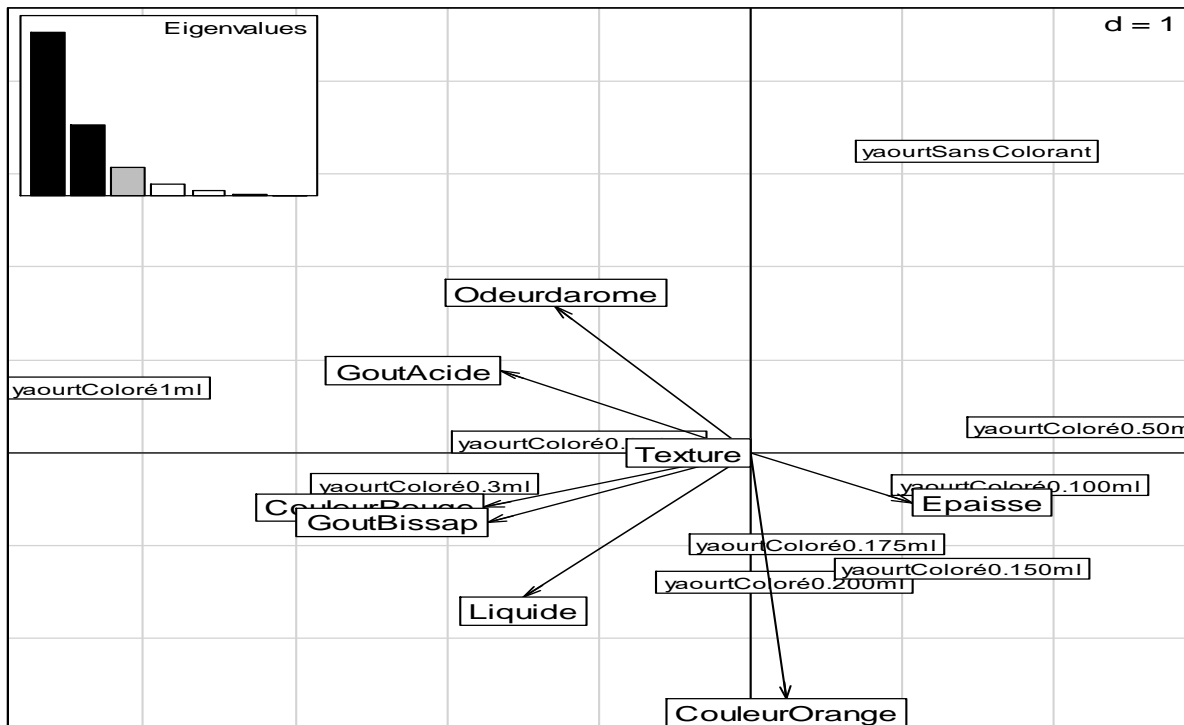


Figure 5 : Corrélation des attributs par rapports aux produits sur la carte factorielle

3-2-3. Variabilité sensorielle des échantillons

La classification des groupes de yaourts en fonction des attributs testés est une approche essentielle pour mieux comprendre la variabilité sensorielle des produits laitiers et pour prendre des décisions éclairées en matière de développement de produits ou de marketing. Elle permet de regrouper les yaourts ayant des caractéristiques sensorielles similaires, ce qui peut être précieux pour l'industrie alimentaire dans l'amélioration de la qualité des produits et la satisfaction des consommateurs. Les yaourts ont été regroupés en cinq classes dans le premier test (**Figure 6**). La classe 1 est caractérisée par le yaourt colorés avec 1000 µL de concentré d'anthocyanes, ayant donné un yaourt plus coloré en rouge et un goût de bissap plus accentué. La classe 2 est caractérisée par les yaourts colorés à 250 µL et 300 µL de concentré. La classe 3 est caractérisée par le yaourt nature non coloré. La classe 4 est caractérisée par les yaourts colorés à raison de 175 µL à 200 µL de concentré anthocyanique et la cinquième classe yaourts colorés à raison de 50 µL à 150 µL.

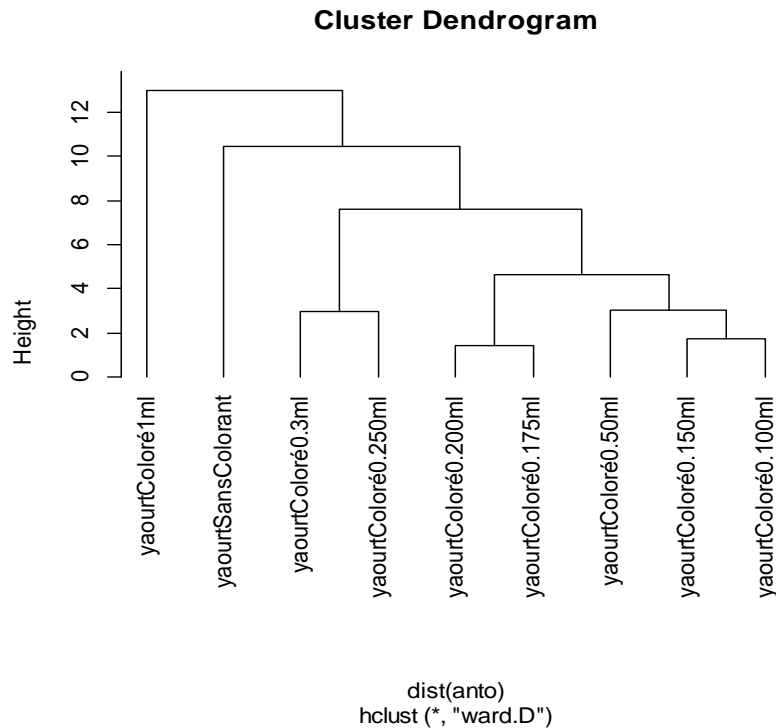


Figure 6 : Classification des groupes de yaourts en fonction des attributs testés

3-2-4. Profils hédoniques des yaourts

Les profils hédoniques des échantillons de yaourts se réfèrent à une évaluation subjective des échantillons en termes de plaisir ou de satisfaction sensorielle. L'objectif principal est de comprendre comment les échantillons de yaourts sont perçus du point de vue de la satisfaction sensorielle, ce qui peut être essentiel pour le développement de produits alimentaires. Le profil hédonique montre que les yaourts colorés à raison de 0,3 mL et 1 mL de concentré d'anthocyanes donnent des valeurs plus élevées par rapport au goût acide, goût de bissap et coloration (**Figures 7**). Toutefois, la consistance et la texture paraissent ne pas avoir une différence significative sur le choix des consommateurs interrogés.

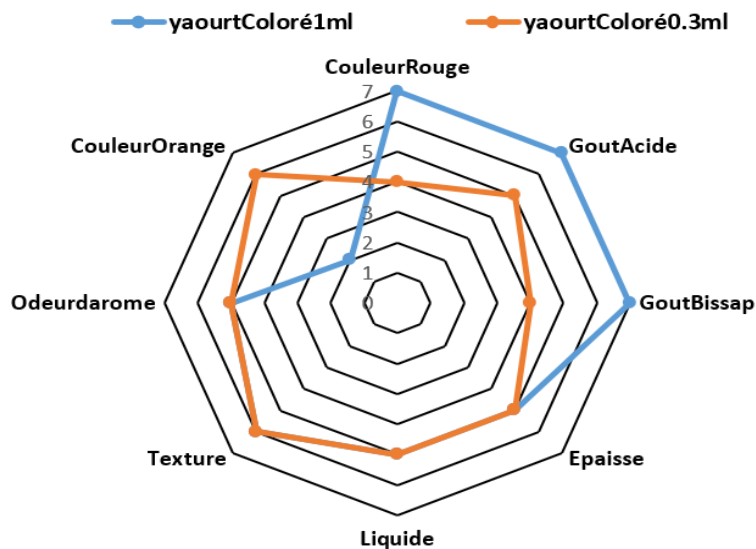


Figure 7 : Profils hédonique retenus par les consommateurs

3-2-5. Comparaisons des échantillons

Les tests de comparaison des échantillons de yaourts (**Figure 8**) sont des méthodes d'analyses sensorielles qui permettent d'évaluer si des échantillons de yaourts présentent des différences significatives les uns par rapport aux autres en termes de caractéristiques sensorielles. Ces tests sont couramment utilisés dans l'industrie alimentaire pour s'assurer de la qualité des produits, pour la recherche et le développement de nouvelles formulations, et pour garantir la cohérence des produits sur le marché. L'impact du goût acide, du goût de bissap et la couleur rouge sont plus accentués sur l'échantillon ajouté de 1 mL de colorant anthocyane. La projection des classes de yaourts selon les attributs les plus significatifs sur le plan factoriel de l'ACP, et la classification numérique nous a permis de faire un choix sur le type de produit apprécié par les consommateurs interrogés (**Figure 8**).

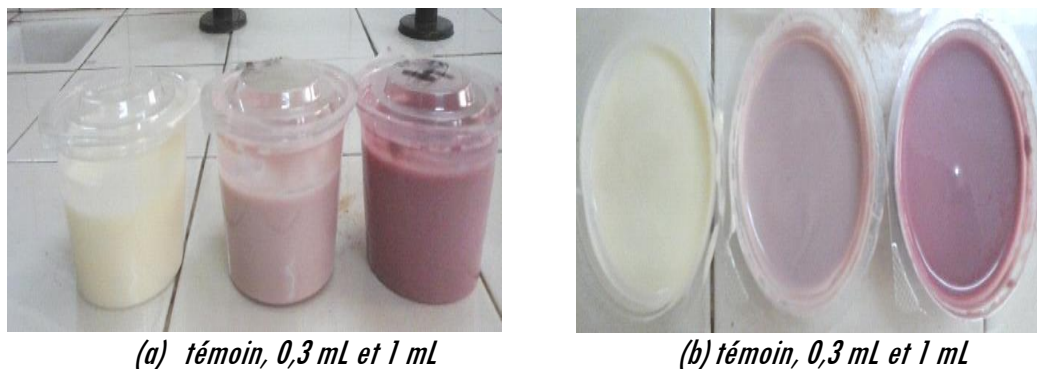


Figure 8 : Produits acceptés pour le test de comparaison (a et b)

4. Conclusion

Dans les industries agroalimentaires comme dans d'autres secteurs d'activités, l'analyse sensorielle est un passage obligé pour le développement et l'amélioration de nouveaux produits. Les anthocyanes restent des pigments naturels hydrosolubles qui offrent l'alternative la plus économique aux colorants synthétiques. De plus, ces composés sont également intéressants pour leurs bénéfices potentiels pour la santé, dus à leurs propriétés antioxydantes élevées. La valorisation des anthocyanes comme colorant dans la fabrication de yaourt a montré que pour les consommateurs, le yaourt coloré à raison de 1000 μ L de concentré d'anthocyanes donne plus de satisfaction par rapport au goût de bissap, sa couleur rouge et son acidité en plus de l'aspect naturel du produit. Une analyse en composantes principales suivie d'une classification numérique sur les coordonnées des composantes de l'ACP a été réalisée sur les caractéristiques sensorielles des yaourts et permet de désigner ainsi les attributs les plus caractéristiques pour les produits testés. Ces attributs sont : le goût de bissap, couleur rouge, goût acide. Une étude du vieillissement suivi d'analyses microbiologiques est envisagée pour les perspectives de recherche.

Remerciements

Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire Eau, Energie, Environnement et Procédés Industriels (LE3PI) et au Centre d'Etudes sur la Sécurité alimentaire et le Développement des Molécules fonctionnelles (CESAM) de l'Ecole Supérieure Polytechnique de Dakar Université Cheikh Anta Diop (Sénégal). Les auteurs remercient vivement les responsables de laboratoire, ainsi que tout le personnel.

Références

- [1] - A. SEYEWETZ, P. SISLEY, Chimie des matières colorantes artificielles. Paris Masson & Éditeurs Libraires de l'Académie de Médecine, France, (1896)
- [2] - Séminaire International sur les Innovations Technologiques au service de l'Agriculture durable (SIITA 2021). At : Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf, 24-25 Octobre 2021, Mila, Algérie
- [3] - V. MANDAL, Y. MOHAN, S. HEMALATHA, Extraction assistée par micro-ondes de la curcumine par un mécanisme de double chauffage par solvant d'échantillon utilisant la conception orthogonale de Taguchi L9, *J Pharm Biomed Anal*, 46 (2008) 322 - 327
- [4] - E. METCHNIKOFF, Etudes biologiques sur la vieillesse (blanchiment des cheveux). Ann.Inst. Pasteur (Paris), 12 (1904) 864 - 87
- [5] - S. H. KIM, S. OH, Fermented milk and yogurt. In milk and dairy products in human nutrition: production, composition and health. Editor(s) : Young W. Park, George F.W. Haenlein, (2013) 338 - 356 p.
- [6] - S. M. DONOVAN, R. SHAMIR, Introduction to the yogurt in nutrition initiative and the First Global Summit on the health effects of yogurt. *Am J Clin Nutr*, 99 (2014) 1209S11S
- [7] - R. VEISSEYRE, Technologie du lait. Maison Rustique. Edition, (1979)
- [8] - A. Y. TAMINE, R. I. W. GREIG, Some aspects of yoghurt technology - Dairy industries International, September, (1979) 8 - 27 p.
- [9] - K. VIVEK, A. BAJPAI, A. KWANG-HYUN BAEK et B. SUN CHUL KANG, Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. *Dans : Food Research International*, 45, Issue 2 (2012) 722 - 734 p.
- [10] - C. BEAL et I. SODINI, Fabrication des yaourts et des laits fermentés, Techniques de l'Ingénieur f6315, Paris-France, (2012) 16 p.
- [11] - M. MAHAUT, R. JEANTET, G. BRULE et P. SCHUCK, Les produits industriels laitiers. *Techniques et documentation*. Lavoisier (Ed), Paris, (2000) 26 - 40
- [12] - P. WALSTRA, J. T. M. WOULTERS et T. J. GEURTS, Milk components. In : Dairy science and Technology (Taylor C.R.C. ET Francis G.), Florida, USA, (2006)
- [13] - W. J. LEE et J. A. LUCEY, Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian Australasian Journal of Animals Sciences*, 23 (2010) 1127 - 1136
- [14] - G. JELLINEK, "Sensory Evaluation of Food. Theory and Practice." Ellis Horwood, Chichester, Angleterre, (1985)
- [15] - E. LARMOND, « Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments en laboratoire ». Direction de la recherche, *Agriculture Canada*, Ottawa. Publication 1637/F, (1977)
- [16] - H. STONE et J. L. SIDEL, "Sensory Evaluation Practices". Academic Press, Inc. New York, (1985)
- [17] - ASTM Committee E-18, Physical requirement guidelines for sensory evaluation laboratories. STP 913. *Am. Soc. for Testing and Materials*, Philadelphie, Pa., (1986)
- [18] - J. C. GOWER, Generalized Procrustes Analysis. *Psychometrika*, 40 (1975) 33 - 51
- [19] - F. KAZI-AOUAL, S. HITIER, R. SABATIER & J. D. LEBRETON, Refined approximations to permutation tests for multivariate inference, *Computational statistics & Data Analysis*, 20 (1995) 643 - 656
- [20] - H. STONE et J. L. SIDEL, Pratiques d'évaluation sensorielle, Academic Press Inc., San Diego, Californie, (1993b)
- [21] - P. SCHLICH, Defining and validating assessor compromises about product distances and attribute correlations, Multivariate Analysis of Data in Sensory Science, 259-306. ed. Naes and Risvik, *Elsevier*, (1996)
- [22] - M. CISSE, M. DORNIER, M. SAKHO, A. NDIAYE, M. REYNES & O. SOCK, Le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.) : composition et principales utilisations. *Fruits*, Vol. 64, (3) (2009) 179 - 193
- [23] - I. WAKELING, M. M. RAATS & H. J. H. MACFIE, A comparison of consensus tests for Generalised Procrustes Analysis, *Journal of Sensory studies*, 7 (1992) 91 - 96
- [24] - A. A. WILLIAMS & S. P. LANGRON, The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35 (1984) 558 - 568