

Optimisation de la formulation d'une boisson artisanale à base de jus d'ananas pour un stockage à température ambiante

Optimization of the formulation of an artisanal pineapple juice drink for storage at room temperature

N'Guessan-Gnaman Kakwokpo C^{1*}, Bony Nicaise F^{2*}, Tuo-Kouassi Awa N¹, Obodji Monney DB², Chougouo Kengne Nkuitchou RD¹, Amin N'cho C², Dally Ismael¹

¹Laboratoire de pharmacie galénique, cosmétologie et législation, Unité de formation et de recherche des sciences pharmaceutiques et biologiques, Université Felix Houphouët-Boigny Abidjan

²Laboratoire de chimie analytique et bromatologie, Unité de formation et de recherche des sciences pharmaceutiques et biologiques, Université Felix Houphouët-Boigny Abidjan

*Les deux auteurs ont participé à la même hauteur à la réalisation de ce travail

Auteur correspondant : E-mail : clemencenguessan@yahoo.fr

*Reçu le 4 mai 2023, accepté le 06 juillet 2023 et publié le 08 juillet 2023
Cet article est distribué suivant les termes et les conditions de la licence CC-BY
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>)*

Résumé

L'ananas est un fruit qui peut être directement consommé, ou transformé en jus. Le jus d'ananas présente un grand intérêt nutritionnel grâce à sa composition en sels minéraux, en vitamines. Cependant, il constitue dès son extraction un milieu aqueux instable. Pour la conservation de longue durée, les producteurs utilisent généralement le congélateur ou le réfrigérateur. L'objectif de cette étude de proposer des procédés de traitement thermique et chimique pour la conservation à température ambiante du jus d'ananas.

La méthodologie était basée sur l'application seule ou en combinaison de chauffage, d'acidifiant, d'antioxydant, d'antimicrobien. Une étude de stabilité des caractères organoleptique, physicochimique (pH, acidité titrable et degré Brix) et microbiologique sur une durée de 21 jours a été réalisée. Une analyse sensorielle a ensuite été réalisée afin d'évaluer leur acceptabilité.

Les procédés efficaces étaient ceux utilisant un conservateur chimique antimicrobien (benzoate de sodium ou sorbate de potassium) seul ou combiné aux autres traitements. Les jus traités avec le sorbate de potassium seul à 2 g/L présentaient une meilleure stabilité pendant 21 jours. Il avait également une meilleure acceptabilité à l'analyse sensorielle.

A 2 g/L, le sorbate de potassium pourrait être proposé seul comme additif pour la conservation à température ambiante de boissons à base d'ananas.

Mots clés : jus de fruit, additifs alimentaires, stabilité, physicochimique, microbiologie.

Abstract

Pineapple juice is of great nutritional interest due to its richness in mineral salts and vitamins, and is also an interesting form of consumption of the fruit. However, this juice constitutes an unstable aqueous medium as soon as it is extracted. For the longer conservation of pineapple juice, producers generally use the freezer or the refrigerator. The objective of this study was to propose chemical and physical treatment processes for the conservation at room temperature of an artisanal pineapple-based drink. The methodology was based on the application of heat treatment, acidifier, antioxidant and antimicrobial alone or in combination. A study of the evolution of organoleptic, physicochemical (pH, titratable acidity and Brix degree) and microbiological characteristics over a period of 21 days was carried out.

The effective processes were those using a chemical antimicrobial preservative (sodium benzoate or potassium sorbate) alone or combined with the other treatments. Juices treated with potassium sorbate alone at 2 g/L showed the best stability for 21 days and acceptability on sensory analysis. Potassium sorbate (2 g/L), an antimicrobial chemical preservative, can be proposed alone as an additive for the preservation of artisanal pineapple juice at room temperature.

Key words : fruit juice, food additives, stability, physicochemical, microbiology.

1. Introduction

L'ananas est un fruit comestible. Il pourrait être transformé en jus, soit seul ou soit en association à d'autres fruits. Il présente un grand intérêt dans l'industrie agroalimentaire du fait de sa bonne proportion sucre/acidité appréciée par les consommateurs et ses nombreuses qualités nutritionnelles [(1-5)]. La qualité des fruits, tout comme celle du jus extrait est bien souvent évaluée par des analyses organoleptique, physico-chimique, microbiologique [(6)]. Le jus d'ananas est élaboré au moyen de deux technologies dont l'une est industrielle avec des moyens modernes et l'autre est artisanal avec des moyens traditionnels. Le jus d'ananas constitue un milieu aqueux instable et

fermentescible lié aux facteurs susceptibles de l'altérer, que sont entre autres le pH, la température, la disponibilité de l'oxygène et les microorganismes. Il existe trois types d'altération des jus (*i*) l'altération physique lorsqu'il s'agit d'une modification d'un paramètre tel que la couleur, (*ii*) l'altération chimique et biochimique lorsqu'il s'agit d'un phénomène tel que l'oxydation enzymatique (brunissement) et (*iii*) l'altération microbiologique [(7–9)]. Il est donc nécessaire de stabiliser par une action extérieure, si l'on désire conserver, autant que possible, les qualités intrinsèques du liquide frais.

Deux groupes de procédés de stabilisation ou de conservation de jus de fruit existent, les procédés physiques (la chaleur, le rayonnement, le froid) d'une part et les procédés chimiques par l'utilisation d'additifs naturels ou artificiels d'autre part [(10)]. Ces deux groupes de procédés ont contribué depuis longtemps à stabiliser les jus de fruits produits de façon industrielle [11]. L'avènement de la pasteurisation au 19^{ème} siècle, du nom de son inventeur Louis Pasteur, fut le point de départ de l'application des procédés physiques participant à la conservation des jus de fruits. Mais cette technique est peu maîtrisée par les producteurs artisanaux qui continuent de conserver les jus dans des bouteilles plastiques puis au congélateur ou le réfrigérateur limitant la production en masse. Hors, les jus emballés dans du plastique sont plus vulnérables à la contamination que ceux emballés dans du verre ou les briques de jus [12].

Cette étude avait pour objectif de proposer des procédés de traitement pour la conservation d'une boisson artisanale à base de jus d'ananas, toujours en bouteille plastique mais à température ambiante en utilisant des méthodes aisées pour des producteurs même illettrés. Après la sélection des procédés de traitement des jus de fruits, une étude de stabilité organoleptique, physicochimique et microbiologique des jus traités avec les procédés sélectionnés a été réalisée. Une analyse sensorielle des jus traités stables a été effectuée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Matériel biologique

L'échantillon de jus d'ananas était un liquide de couleur jaune, d'odeur et de goût caractéristique de l'ananas, conditionné dans des bouteilles en plastique de 1 litre, provenant d'une unité artisanale de production et de commercialisation de jus de fruits à Abidjan. Les échantillons étaient acheminés au laboratoire dans des glacières réfrigérées immédiatement après leur obtention puis utilisés directement pour l'étude. L'échantillon était constitué de quatre lots du jus artisanal pour chacune des quatre étapes de l'étude.

2.1.2. Matériel de laboratoire

Le matériel analytique était constitué d'un pH-mètre de marque HANNA double affichage (température et pH), d'un réfractomètre de marque HANNA (0 à 85%) avec affichage (indice de réfraction et Degré Brix), d'une burette. L'acide citrique, l'acide ascorbique, la pastille de soude, le benzoate de sodium et le sorbate de potassium de grade analytique provenaient tous de Sigma aldrich. Les milieux de culture du test microbiologique provenaient du laboratoire national de santé publique de Côte d'Ivoire.

2.2. Méthodes

2.2.1. Sélection des formules

La sélection des formules était basée sur deux techniques (thermique et chimique). Le traitement thermique était réalisé par chauffage dans un récipient simple jusqu'à apparition de la première bulle (autour de 90°C) et le traitement chimique par ajout d'additif chimique (acide citrique, acide ascorbique, benzoate de sodium et sorbate de potassium). Les différentes formules ont été obtenues en utilisant individuellement ou en association les procédés. Les quantités des additifs chimiques correspondaient à leur limite maximale et minimale autorisées [11,13].

Vingt-neuf formules ont été réalisées (**Tableau 1**) et codifiées comme suit : M pour le jus d'ananas, C pour l'acide citrique, A pour l'acide ascorbique, B pour le benzoate de sodium, S pour le sorbate de potassium, P pour le chauffage, 1 pour le produit à faible concentration, 2 pour le produit à forte concentration.

Tableau 1 : Procédés de traitement du jus d'ananas.

	Codes	Formules pour le procédé de traitement
1	M	Jus d'ananas
2	MB1	Jus-benzoate de sodium (0,5 g/l)
3	MB2	Jus-benzoate de sodium (1 g/l)
4	MC1	Jus-acide citrique (1,5 g/l)
5	MC2	Jus-acide citrique (3 g/l)
6	MS1	Jus-sorbate de potassium (1 g/l)
7	MS2	Jus-acide sorbate de potassium (2 g/l)
8	MA	Jus-acide ascorbique (0,3 g/l)
9	MAC1	Jus-acide ascorbique (0,3 g /l)-acide citrique (1,5 g/l)
10	MAC2	Jus-acide ascorbique (0,3 g /l)-acide citrique (3 g/l)
11	MC1B1	Jus-acide citrique (1,5 g/l)-benzoate de sodium (0,5 g/l)
12	MC1B2	Jus-acide citrique (1,5 g/l)-benzoate de sodium (1 g/l)
13	MC2B1	Jus-acide citrique (3 g/l)-benzoate de sodium (0,5 g/l)
14	MC2B2	Jus-acide citrique (3 g/l)-benzoate de sodium (1 g/l)
15	MAS1	Jus-acide ascorbique (0,3 g/l)-sorbate de potassium (1 g/l)
16	MAS2	Jus-acide ascorbique (0,3 g/l)-sorbate de potassium (2 g/l)
17	MSB	Jus-sorbate de potassium (1 g/l)-benzoate de sodium (0,5 g/l)
18	MP	Jus d'ananas- chauffage
19	MPA	Jus d'ananas- chauffage-acide ascorbique (0,3 g /l)
20	MPC1	Jus d'ananas- chauffage-acide citrique (1,5 g/l)
21	MPC2	Jus d'ananas-chauffage-acide citrique (3 g/l)
22	MPB1	Jus d'ananas –chauffage-benzoate de sodium (0,5 g/l)
23	MPB2	Jus d'ananas-chauffage-benzoate de sodium (1 g/l)
24	MPAC1	Jus d'ananas-chauffage-acide ascorbique (0,3 g/l)-acide citrique (1,5 g/l)
25	MPAC2	Jus d'ananas-chauffage-acide ascorbique (0,3 g/l)-acide citrique (3 g/l)
26	MPC1B1	Jus d'ananas-chauffage-acide citrique (1,5 g/l)-benzoate de sodium (0,5 g/l)
27	MPC1B2	Jus d'ananas-chauffage-acide citrique (1,5 g/l)-benzoate de sodium (1 g/l)
28	MPC2B1	Jus d'ananas-chauffage-acide citrique (3 g/l)-benzoate de sodium (0,5 g/l)
29	MPC2B2	Jus d'ananas-chauffage-acide citrique (3 g/l)-benzoate de sodium (1 g/l)

2.2.2. Evaluation de l'efficacité de formules sélectionnées

L'évaluation de l'efficacité des formules sélectionnées a été réalisée à 3 niveaux en conservant les échantillons dans un endroit dont l'humidité de l'air était à 50% et la température à 30 ± 2 °C qui correspondait à la température ambiante mesurée dans la salle de conservation. Le test de premier niveau a consisté à évaluer l'efficacité de toutes les formules en suivant la variabilité de l'odeur, de la couleur, de l'aspect par analyse sensorielle et du pH grâce à un pH-mètre pendant 7 jours, respectivement à J0, J1, J2, J3 et J7. Le test de deuxième niveau a consisté à évaluer l'efficacité des formules stables du premier niveau en suivant la variabilité de l'odeur, de la couleur, de l'aspect, du pH et de l'acidité titrable par dosage pendant 21 jours, respectivement à J0, J7, J14 et J21. Le test de troisième niveau a consisté à évaluer l'efficacité des formules stables du deuxième niveau en suivant la variabilité des paramètres microbiologiques selon la norme ivoirienne NI4688 : 2008 (Germes aérobies mésophiles, coliformes totaux, Coliformes thermos tolérants, Levures et moisissures, Germes anaérobies sulfite réducteurs, Staphylococcus aureus et des salmonelles) [14] pendant 21 jours, respectivement à J0, J7, J14 et J21. Les différentes formules ont été mises en contact avec les milieux de croissance de chaque germe. Ces milieux de culture ont été incubés, la croissance des germes a été suivie et un dénombrement réalisé.

2.2.3. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été réalisée sur les formules présentant une bonne efficacité organoleptique, physicochimique et microbiologique. Elle a été réalisée au laboratoire avec un jury composé de 20 étudiants (10 garçons et 10 filles) choisis pour leur disponibilité. De l'eau minérale pour rincer la bouche, des gobelets transparents, des assiettes jetables ainsi que des papier mouchoir jetables ont été mis à leur disposition. Le jury devait pour chaque formule donner son appréciation des paramètres organoleptiques. Par ailleurs, il devait les comparer au jus initial M et dire si les formules étaient identiques ou non à cette référence. En cas de différence, le degré de différence était précisé. L'analyse des données a été faite par simple calcul statistique de pourcentage de réponse.

3. Résultats et discussion

Cette étude visait à proposer des formulations de conservation d'une boisson à base de jus d'ananas en vue d'un stockage à température ambiante ($30 \pm 2^\circ\text{C}$), hors enceinte réfrigérée. Elle s'est faite en quatre étapes.

3.1. Sélection des formules

Le jus d'origine, du point de vue organoleptique et microbiologique était acceptable (**Tableau 2**) car conforme à la norme ivoirienne sur le jus d'ananas [14]. Des procédés simples et faciles à mettre en œuvre ont été proposés et testés dans ce travail afin d'améliorer sa conservation à température ambiante de boissons. Ces procédés étaient le traitement thermique (chauffage jusqu'à l'apparition de la première bulle) et l'utilisation d'additifs alimentaires (10). Les d'additifs alimentaires ont été choisis en tenant compte de ceux couramment utilisés et autorisés dans les boissons commercialisées [11], mais aussi selon leur rôle. Ainsi, un modificateur de pH et acidifiant a été choisi car certains germes responsables de la fermentation des jus de fruits sont sensibles à la modification du pH. L'acidifiant choisi était l'acide citrique (E330). Un antioxydant a été utilisé pour prévenir les réactions d'oxydation qui entraînent une modification de la couleur et de l'odeur des jus fermentés, L'antioxydant choisi était l'acide ascorbique (E300). Enfin, des antimicrobiens notamment le sorbate de potassium (E202) et le benzoate de sodium (E211) ont été choisis pour pallier aux contaminations microbiennes. Aucune formule contenant à la fois l'acide ascorbique et le benzoate de sodium n'a été réalisée à cause du risque de formation de benzène en les associant.

Tableau 2 : Norme ivoirienne sur le jus d'ananas [14]

PARAMETRES	NORME
Caractères organoleptiques NI 4688 : 2008	
Couleur	
Odeur	
Aspect	
Physicochimiques	
pH	
Acidité titrable	50 à 180 mmol/l
Degré Brix	
Microbiologiques (NORME NI 4688 : 2008)	
Germes aérobies mésophiles (UFC / 100 ml)	< 10 ²
Coliformes totaux (UFC / 100 ml)	< 10
Coliformes thermo tolérants (UFC / 100 ml)	< 10
Levures et moisissures	< 10
Germes anaérobies sulfite réducteurs (UFC / 100 ml)	< 10
Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i>	Absence
Recherche de salmonelles	Absence

3.2. Evaluation de l'efficacité des formules sélectionnées

3.2.1. Premier niveau d'étude d'efficacité

Les caractères organoleptiques et le pH ont été déterminés pendant 7 jours pour l'évaluation de l'efficacité des formules sélectionnées au premier niveau (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Evaluation de l'efficacité des formules sélectionnées au premier niveau

	COULEUR					ODEUR					ASPECT					pH ($\pm 0,10$)					OBSERVATIONS
	J0	J1	J2	J3	J7	J0	J1	J2	J3	J7	J0	J1	J2	J3	J7	J0	J1	J2	J3	J7	
M	N	N	AN	AN	AN	N	N	AN	AN	AN	N	N	T	T	T	4.06	4.01	3.60	3.30	3.33	Instable à J2
MB1	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	4.09	4.19	4.08	3.65	3.47	Instable à J7
MB2	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	4.15	4.22	4.21	4.13	3.92	Instable à J7
MC1	N	N	N	AN	AN	N	N	N	AN	AN	N	N	N	T	T	4.00	4.07	3.82	3.33	3.55	Instable à J3
MC2	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	3.77	3.83	3.85	3.36	3.30	Instable à J7
MS1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.24	4.15	4.20	4.19	4.21	Stable à J7
MS2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.69	4.16	4.39	4.30	4.19	Stable à J7
MA	N	N	AN	AN	AN	N	N	AN	AN	AN	N	N	T	T	T	4.01	4.04	3.66	3.30	3.40	Instable à J2
MAC1	N	N	N	AN	AN	N	N	N	AN	AN	N	N	N	T	T	3.96	4.06	3.87	3.32	3.61	Instable à J3
MAC2	N	N	N	AN	AN	N	N	N	AN	AN	N	N	N	T	T	3.79	4.06	3.84	3.30	3.49	Instable à J3
MC1B1	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	3.97	4.00	4.06	4.01	3.56	Instable à J7
MC1B2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3.95	3.97	4.05	4.04	3.96	Stable à J7
MC2B1	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	3.88	3.89	3.84	3.78	3.30	Instable à J7
MC2B2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3.91	3.95	3.98	4.00	4.07	Stable à J7
MAS1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.18	4.15	4.20	4.18	4.19	Stable à J7
MAS2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.27	4.26	4.27	4.23	4.30	Stable à J7
MS1B1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.77	4.14	4.17	4.50	4.67	Stable à J7
MP	N	N	AN	AN	AN	N	N	AN	AN	AN	N	N	T	T	T	4.00	4.00	3.87	3.42	3.30	Instable à J2
MPA	N	N	N	AN	AN	N	N	N	AN	AN	N	N	N	T	T	4.03	4.00	3.99	3.40	3.34	Instable à J3
MPC1	N	N	N	AN	AN	N	N	N	AN	AN	N	N	N	T	T	3.79	3.94	3.74	3.46	3.31	Instable à J3
MPC2	N	N	N	AN	AN	N	N	N	AN	AN	N	N	N	T	T	3.73	3.82	3.63	3.41	3.33	Instable à J3
MPB1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.10	4.09	4.23	4.25	3.73	Instable à J7
MPB2	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	4.22	4.20	4.18	4.15	4.27	Instable à J7
MPAC1	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	3.97	3.77	3.69	3.83	3.44	Instable à J7
MPAC2	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	T	3.84	3.75	3.60	3.79	3.30	Instable à j7
MPC1B1	N	N	N	N	AN	N	N	N	N	AN	N	N	N	T		4.15	3.99	4.10	3.90	3.95	Instable à j7
MPC1B2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.16	4.01	4.17	3.93	4.08	Stable à J7
MPC2B1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	3.93	3.88	3.82	3.69	3.79	Stable à J7
MPC2B2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.07	3.89	3.87	3.93	3.91	Stable à J7

M : jus d'origine sans traitement ; P : chauffage ; B : benzoate de sodium ; A : acide ascorbique ; C : acide citrique ; S : sorbate de potassium ; AN : anormal (brun) ; N : normal (jaune) ; T : trouble

L'analyse des caractères organoleptiques des échantillons de jus à J0 a montré des jus limpides de couleur jaunâtre, sans débris avec absence de turbidité, et d'odeur caractéristique du jus d'ananas. La saveur n'a pas été choisie comme paramètre de départ pour éviter les risques de toxiiinfections alimentaires. L'observation simple d'un aliment, au travers de ces paramètres, donne un renseignement direct sur l'aliment permettant au consommateur d'accepter ou de refuser cet aliment. A J0, toutes les boissons étaient acceptables du point de vue organoleptique.

Le jus d'ananas d'origine (M) et le jus ayant subi le chauffage (MP) fermentaient tous deux à J2 avec changement de la couleur (brunissement), de l'odeur et de l'aspect (**Tableau 3**). Le brunissement [7] est une réaction biochimique provoquant l'oxydation des pigments responsables de la teinte jaunâtre en un composé donnant un aspect brun au jus d'ananas. Le chauffage jusqu'à apparition de la première bulle n'a donc pas amélioré la conservation du jus d'ananas. Dans cette étude, un seul chauffage a été réalisé après l'obtention du jus extrait, avant l'ajout ou non d'additifs chimiques. D'autres procédés thermiques pourraient être testés, notamment un traitement thermique avant le conditionnement final. Le traitement thermique pendant ou après le conditionnement final ou le double chauffage dans la méthodologie ne pouvaient être envisagés à cause du caractère plastique des conditionnements. La pasteurisation artisanale serait une alternative à tester. Pour la suite de l'évaluation, nous ne nous sommes intéressés qu'aux formules sans chauffage afin de faciliter la tâche aux productrices de boissons artisanales et ne pas engendrer un coût supplémentaire de production.

Les produits M, MC1 et MC2 avaient respectivement un pH à J0 de 4,06 ; 4,00 et 3,77. L'ajout de l'acide citrique n'a pas modifié significativement le pH du jus mère qui de plus était acide. Les concentrations de 1,5 g/l et 3 g/l utilisées dans cette étude étaient les limites minimale et maximale telles que recommandées par le codex alimentarius (11)]. L'acide citrique utilisé seul quelle que soit la concentration n'a pu empêcher la fermentation du jus pendant sept jours de conservation (**Tableau 3**). Ces concentrations sont donc faibles pour maintenir une acidité pouvant empêcher une fermentation. Certains auteurs ont recommandé une concentration de 5 g/l [15]. L'acide ascorbique seul (MA) ou en association avec l'acide citrique (MAC1 et MAC2) n'ont pu améliorer significativement la durée de conservation des boissons qui était de deux jours pour MA et trois jours pour MAC1 et MAC2. Il ne serait pas convenable d'augmenter la concentration d'acide ascorbique dans les boissons. De toutes les façons, cet additif agirait plus sur la couleur et des facteurs d'oxydations] [15].

Les formulations contenant que le benzoate de sodium seul avait un temps de stockage inférieur à 7 jours. Toutefois, en présence de l'acide citrique et de la concentration de benzoate la plus élevée de l'étude (MC1B2 et MC2B2), la durée de conservation s'était prolongée (supérieure à sept jours). Le benzoate est un conservateur ayant une action antimicrobienne sur les bactéries et des champignons et une efficacité pour des valeurs de pH basses [16], ce qui explique la différence de durée de conservation entre MB2 et MC1B2 / MC2B2 contenant aussi l'acide citrique. Il serait donc intéressant d'associer l'acide citrique pour obtenir un pH inférieur à 4 et optimiser l'efficacité du benzoate de sodium. Toutefois, l'apport de l'acide citrique n'a pas été observé dans cette étude avec un pH encore plus bas. Etant donné que la boisson de départ était acide (pH 4,06), une faible concentration d'acide citrique était donc suffisante. Sur une période de conservation plus longue (Tableau 4), c'est le même constat. Bien plus, il n'y a pas de différence significative entre les paramètres étudiés pour MC1B2 et MC2B2 confirmant ainsi que la concentration d'acide citrique de la formule MC1B2 était suffisante.

Le sorbate de potassium seul stabilisait le jus, de même que son association avec l'acide ascorbique ou le benzoate de sodium (MS1, MS2, MAS1, MAS2 et MS1B1). En effet, le sorbate de potassium stoppe le développement des levures et moisissures. Il est très employé dans la stabilisation des jus à acidité relativement faible. De plus, l'action antibactérienne et antifongique est optimale dans les jus à pH avoisinants 6,5 [16], donc pas besoin d'associer un acidifiant, contrairement au benzoate de sodium. Les formules associant le sorbate de potassium et l'acide citrique n'ont donc pas été prcaractérisées.

Après l'analyse des caractères organoleptiques et du pH, les procédés sélectionnés à ce premier niveau étaient : MS1 (sorbate de potassium 1 g/l), MS2 (sorbate de potassium à 2 g/l), MC1B2 (acide citrique 1,5 g/l+ benzoate de sodium à 1 g/l), MC2B2 (acide citrique 3 g/l+ benzoate de sodium 1 g/l), MAS1 (acide ascorbique 0,3 g/l+ sorbate de potassium 1 g/l), MAS2 (acide ascorbique 0,3 g/l + sorbate de potassium 2 g/l) et MS1B1 (sorbate de potassium 1 g/l+ le benzoate de sodium 0,5 g/l).

3.2.2. Deuxième niveau d'étude d'efficacité des additifs

Le **tableau 4** présente les valeurs du pH, du degré brix, de l'acidité titrable et des caractères organoleptiques des formules sélectionnées pour le deuxième niveau d'étude d'efficacité.

Tableau 4 : Evaluation de l'efficacité des formules sélectionnées au deuxième niveau

	Couleur				Odeur				Aspect				pH ($\pm 0,10$)				Degré Brix ($^{\circ}$)				Acidité Titrable (g/l)				Observations
	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	Jo	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	
M	N	AN	AN	AN	N	AN	AN	AN	N	T	T	T	4.06	3.33	3.35	3.35	10.5	8.7	6.5	4.9	0.64	2.24	2.56	4.16	Instable à J7
MS1	N	N	AN	AN	N	N	AN	AN	N	N	T	T	4.24	4.28	4.04	4.12	8.9	8.7	8.7	8.1	0.58	1.28	0.96	0.9	Instable à J14
MS2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.31	4.69	4.56	4.59	10.9	10.6	10.6	10.7	0.38	1.28	1.28	1.28	Stable
MC1B2	N	N	AN	AN	N	N	AN	AN	N	N	T	T	3.89	3.91	3.88	3.80	9.0	9.0	8.7	8.9	0.90	0.90	1.28	1.34	Instable à J14
MC2B2	N	N	AN	AN	N	N	AN	AN	N	N	T	T	3.65	3.69	3.72	3.72	9.4	9.7	9.7	9.7	1.15	1.41	1.28	1.41	Instable à J14
MAS1	N	N	AN	AN	N	N	AN	AN	N	N	T	T	4.18	4.19	4.11	4.16	9.7	9.9	9.7	7.5	0.70	0.70	0.90	0.90	Instable à J14
MAS2	N	N	AN	AN	N	N	AN	AN	N	N	T	T	4.27	4.30	4.21	4.32	10.3	10.1	10	9.8	0.83	0.83	0.90	0.77	Instable à J14
MS1B1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	4.77	4.67	4.66	4.67	9.0	9.1	9.2	8.9	0.38	0.77	0.77	0.77	Stable

M : jus mère sans additif ; **B** : benzoate de sodium ; **A** : acide ascorbique **C** : acide citrique ; **S** : sorbate de potassium

AN : anormal (brun) ; **N** : normal (jaune) ; **T** : trouble

Les boissons ont été caractérisées sur une période plus longue, ce qui a permis de sélectionner les procédés les plus efficaces. La plupart des formules était instable à J14. Seuls MS2 et MS1B1 présentaient une stabilité de la couleur, de l'odeur, de l'aspect, du pH, et du degré brix. Cependant, on a noté une augmentation de l'acidité titrable entre J0 et J7 qui devient constant tout le reste de l'étude. Ce résultat signifierait qu'il n'y a pas eu de fermentation car au cours de la fermentation, les microorganismes utilisent la quantité de sucre pour leur métabolisme diminuant ainsi le degré brix. Le degré Brix de MS2 était compris entre 10,6 et 10,9 étaient acceptables comparées à celle de jus d'ananas sans additif d'autres études (3,17,18)].

Par ailleurs, les acidités titrables de MS2 et MS1B1 qui étaient de 0,38 g/l à J0 puis avaient augmenté respectivement à 1,28 g/l et 0,77 g/l à J7 avant de rester constant jusqu'à J21 sans variation du pH vient confirmer ce résultat.

Les procédés avec le sorbate de potassium à 2 g/l d'une part et l'association sorbate de potassium à 1 g/l + benzoate de sodium à 0,5 g/l d'autre part, ont permis d'obtenir à la fois une stabilité organoleptique et physicochimique. Ils ont donc été retenus pour les tests d'efficacité de troisième niveau.

3.2.3. Troisième niveau d'étude d'efficacité

Pour ce troisième niveau d'étude d'efficacité, il a été demandé à l'unité de production de ne pas respecter les mesures d'hygiène, en vue d'obtenir une boisson naturellement contaminée et apprécier l'efficacité qu'auraient les procédés sélectionnés au deuxième niveau.

Le jus mère qui en était issu, du point de vue organoleptique était acceptable car la couleur, l'odeur, l'aspect étaient caractéristiques d'un jus d'ananas. Du point de vue physicochimique, il avait les caractéristiques suivantes pH à 4,06, acidité titrable à 0,64 g/l, degré Brix à 8,7.

Sa caractérisation microbiologique a montré une charge microbienne supérieure à 10 UFC/ml pour tous les germes dénombrés à l'exception de *Staphylococcus aureus* et salmonelles (**Tableau 5**). Le jus mère était donc non conforme à la norme ivoirienne. En effet, lors de la fabrication du jus artisanal, il y'a souvent une contamination due soit au manque d'hygiène, soit par l'eau utilisée pour le lavage, soit par le matériel ayant servi pour les manipulations. Il peut aussi avoir une contamination de type fécale traduite par la présence de coliformes [19]. L'hygiène est effectivement un des gros problèmes de la production artisanale des boissons, d'où l'intérêt pour les chercheurs de se pencher sur le développement de procédés pour l'améliorer et réduire tous les risques afférents. Si *Staphylococcus aureus* et salmonelles avaient été retrouvés dans le jus mère, vu tous les risques liés à ceux-ci, il n'était pas du tout convenable de poursuivre les analyses. Mais cela n'a pas été le cas donc l'étude a été poursuivie sur ces mêmes échantillons pour apprécier l'impact des procédés choisis sur la qualité de la boisson. Ainsi ce jus mère, ou additionné de sorbate de potassium à 2 g/l d'une part et l'association du sorbate de potassium à 1 g/l et le benzoate de sodium à 0,5 g/l d'autre part ont subi une analyse microbiologique sur 21 jours. Les germes recherchés étaient ceux ayant un intérêt en hygiène alimentaire à savoir les germes responsables d'altérations des aliments par modification de l'aspect, du goût, de l'odeur, de la texture et de la saveur ; les microorganismes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes totaux et thermo tolérants et les salmonelles ; des germes pathogènes tels que les salmonelles et staphylocoques doré susceptibles de provoquer des toxiinfections alimentaires.

Tableau 5 : Evaluation de l'efficacité des formules sélectionnées au troisième niveau

	GAM (x 100 UFC / 100 ml)				CT (x 100 UFC / 100 ml)				CTT (x 100 UFC / 100 ml)				LM (x 100 UFC / 100 ml)				GASR (x 100 UFC / 100 ml)			
	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21	J0	J7	J14	J21
M	120	600	30	30	15	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	17	30	30	< 0,10	0,2	< 0,10	< 0,10	< 0,10
MS2	6,2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	7,2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,4	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
MS1B1	4,9	2,4	5,3	< 0,10	2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,5	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10

M : jus mère sans additif ; **B** : benzoate de sodium ; **S** : sorbate de potassium

GAM : Germes aérobies mésophiles, CT : Coliformes totaux, CTT : Coliformes thermo tolérants , GASR Germes anaérobies sulfite réducteurs , LM : Levures et moisissures

La formule contenant le sorbate de potassium à 2 g/l (MS2) n'était pas conforme à la norme ivoirienne à J0 avec les mésophiles aérobies ($6,2 \cdot 10^2$ UFC/ml), les coliformes totaux ($7,2 \cdot 10^2$ UFC/ml) et les levures et les moisissures ($2,4 \cdot 10^2$ UFC/ml). Cependant à J7, leurs valeurs deviennent conformes à la norme ivoirienne (<10 UFC/ml). Ces résultats montrent l'efficacité du sorbate de potassium pour empêcher la croissance microbienne dans les boissons mais bien plus de détruire les germes apportés dans les boissons au cours de leur préparation, et cela dès les sept premiers jours. Le sorbate à 2 g/l est suffisant pour inhiber une croissance microbienne dans les jus et cela malgré l'importance de la charge microbienne initiale et la présence de facteur de croissance traduit par un degré brix relativement élevé (10,6°brix).

La formule contenant le sorbate de potassium à 1 g/l + le benzoate de sodium à 0,5 g/l (MS1B1) a montré une charge microbienne supérieure à 10 UFC/ml pour les coliformes totaux sans présence de salmonelles. Ces résultats étaient non conformes à la norme ivoirienne pour les analyses microbiologiques. Les germes dénombrés à J21 (10 UFC/ml) montrent que le traitement sorbate de potassium associé au benzoate sodium à la quantité de 1/0,5 g/l serait inefficace en cas de grande contamination initiale.

Il en ressort donc que les boissons ayant subi le traitement MS2 (sorbate de potassium à 2 g/l) ont présenté un meilleur profil microbiologique par rapport au jus brute M. En revanche celles ayant subi le traitement MS1B1 (sorbate de potassium à 1 g/l+ benzoate sodium à 0,5 g/l) ont présenté des résultats moins encourageants.

La meilleure façon d'évaluer une date limite d'utilisation optimale d'une boisson est de suivre le vieillissement du produit (aspect visuel, gustatif, microbiologique) dans les conditions normales de stockage, de vente, de transport [20,21]. L'étude de stabilité a été faite sur 21 jours. Elle permettrait donc approximativement de faire des prévisions de durée de conservation en temps réel.

Le procédé MS2 proposés dans cette étude permettrait ainsi de de maintenir les boissons en conformité avec les normes ivoiriennes, donc conformes à la consommation humaine pendant quelques semaines malgré la présence de quelque germes. Seul le jus ayant subi le traitement MS2 (sorbate de potassium à 2 g/l) a été sélectionné pour l'étude sensorielle afin d'évaluer l'acceptabilité.

3.3. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens : la vue, l'odorat, le goût, le toucher pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité du produit alimentaire ainsi que de nombreux autres produits. Elle a été réalisée sur des formules préparées selon les bonnes pratiques d'hygiène.

La **figure 1** présente les résultats de l'analyse sensorielle obtenus avec le procédé de traitement utilisant le sorbate de potassium à 2 g/l MS2 et du jus mère M. Les résultats obtenus, après appréciation des échantillons MS2 et M par le jury, sur tous les caractères organoleptiques ont montré que les deux boissons étaient acceptables, car la moyenne des notes attribuées était généralement supérieure à 5 (ni bon ni mauvais). Le jus traité avec le sorbate MS2 (sorbate de potassium à 2 g/l) avait une bonne appréciation (très bon) au niveau de la saveur sucrée par rapport au jus mère (bon). En effet, le sorbate a tendance à amplifier la saveur sucrée des jus. Aussi le degré brix du jus mère à J0 (10,5°B) est inférieur au degré brix du jus MS2 (10,9°B). Ce résultat est en accord avec une étude sur l'influence du sorbate de potassium sur le degré brix.

La couleur de l'échantillon du jus mère (M) était moins appréciée (bon) que celle du jus MS2 (très bon). En effet, le manque de clarté de la couleur de l'échantillon mère serait sans doute dû à un début de brunissement [17].

Les résultats de l'évaluation de l'odeur et du goût montrent que l'échantillon de jus mère est mieux apprécié (très bon) par rapport à celui du jus MS2 (bon). L'ajout du sorbate a modifié l'odeur et le goût naturel du jus d'ananas. L'acidité du jus mère est appréciée par rapport à celle du jus MS2. Selon les résultats de l'analyse physicochimique (pH et acidité titrable), le jus mère est plus acide que le jus MS2. Le sorbate agit comme une base pour augmenter le pH, donc diminuer l'acidité.

Le jus traité MS2 et le jus mère ont été appréciés au même degré (bon). Quant à leur texture, l'aspect du jus traité MS2 est moins apprécié (très bon) que celui du jus mère M (bon).

D'après tous les résultats obtenus, après l'évaluation sensorielle du jus traité MS2 comparé au jus mère M, les caractères couleur et saveur sucrée du jus traité MS2 (sorbate de potassium à 2 g/l) sont meilleurs que ceux du jus mère. En revanche le goût, l'odeur, l'acidité et l'aspect du jus mère sont meilleurs. Les deux jus possèdent la même texture.

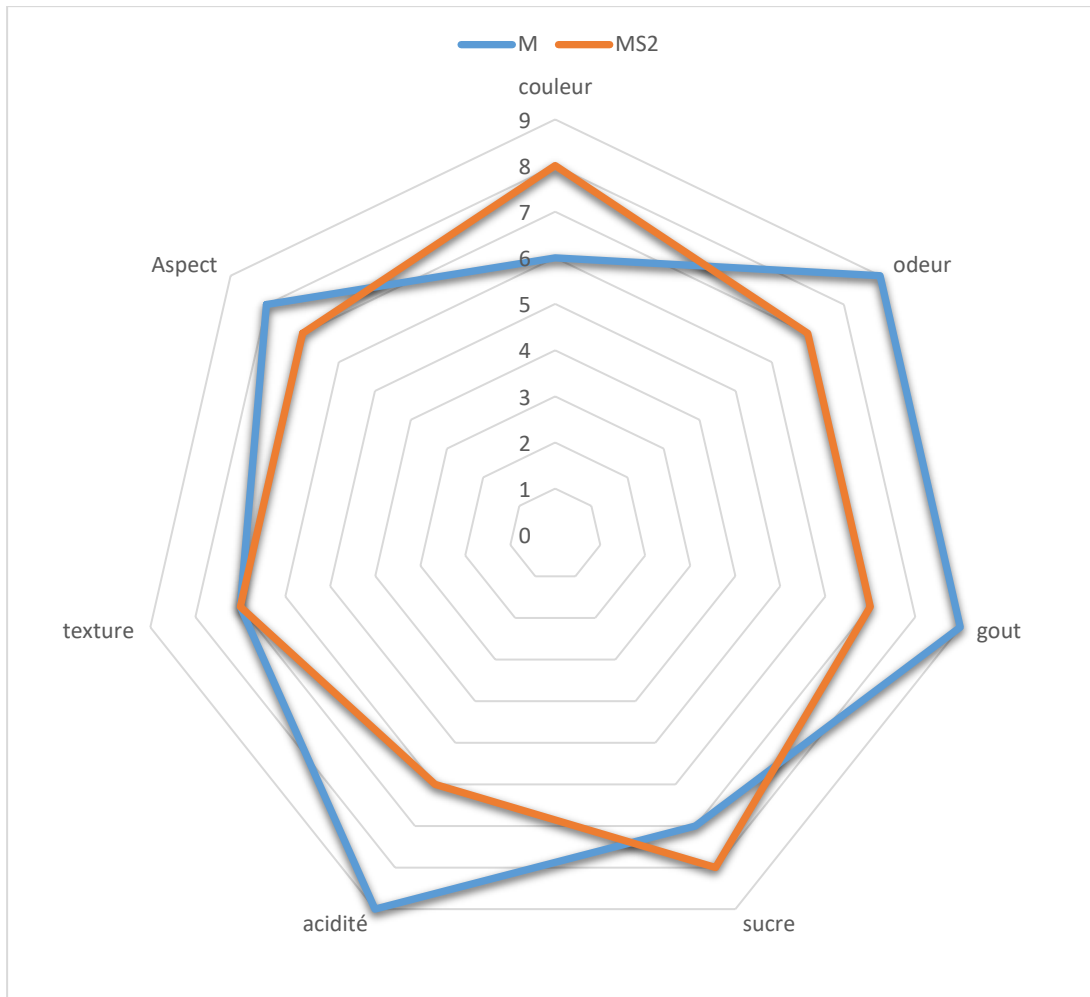


Figure 1 : Résultat de l'analyse sensorielle de MS2 comparé au jus mère

L'objectif principal de cette étude était de proposer des procédés de traitement en vue de la conservation à température ambiante d'un jus artisanal à base d'ananas dans des bouteilles plastiques. Les procédés sélectionnés que sont le chauffage et l'usage d'additifs chimiques alimentaires ont permis, au moyen du pH et des paramètres organoleptiques (odeur, couleur et aspect) d'effectuer une étude de stabilité pendant une semaine. L'analyse physicochimique, pendant 3 semaines a mis en évidence deux jus traités stables que sont MS2 (jus d'ananas + sorbate de potassium (2 g/l)) et MS1B1 (jus d'ananas + sorbate de potassium (1 g/l) + benzoate de sodium (0,5 g/l)). Les analyses microbiologiques réalisées pendant 3 semaines sur ses deux jus ont donné des résultats encourageants avec le traitement MS2 (Jus d'ananas + sorbate de potassium à 2 g/l). L'analyse sensorielle a montré que la couleur et le caractère sucré du jus traité MS2 étaient mieux appréciés que celui du jus mère. Cependant le jus mère possédait de meilleurs indicateurs quand il s'agit d'odeur, du gout et d'acidité. Les deux jus possèdent une similarité texturale. Au final, les résultats de cette étude permettent de souligner que le sorbate de potassium à 2 g/l peut traiter et stabiliser efficacement la boisson à base de jus d'ananas pendant 3 semaines.

4. Conclusion

Le jus d'ananas est très consommé à cause de ses qualités organoleptiques et sa richesse en nutriments. Il est obtenu par la production industrielle proposant des produits stables et par la production artisanale qui n'a le réfrigérateur comme seul moyen de conservation pour éviter la fermentation. L'utilisation du sorbate de potassium semble être une voie optimale permettant de mettre en place un produit stable à température ambiante sur une durée plus longue que dans le réfrigérateur. L'évolution des caractéristiques organoleptiques associée aux données sensorielles et microbiologiques suscitent des pistes d'amélioration de cette boisson.

Références

1. Mateljan G. *The World's Healthiest Foods: Essential Guide for the Healthiest Way of Eating*. First Edition. GMF Publishing; 2006. 880 p.
2. World Health Organization. Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques : rapport d' une consultation OMS/FAO d' experts [Internet]. Organisation mondiale de la Santé; 2003 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42754>
3. Othman OC. Physicochemical Characteristics and Levels of Inorganic Elements in Off-Vine Ripened Pineapple (*Ananas Comosus* L.) Fruits of Dar Es Salaam, Tanzania. 27 mars 2018 [cité 3 mai 2023]; Disponible sur: <http://repository.costech.or.tz/handle/20.500.11810/4283>
4. Modai P. Quelle place pour les boissons aux différents âges de la vie ? *Cah Nutr Diététique*. 1 mars 2011;46(1):H54-60.
5. Hemalatha R, Anbuselvi S. Physicochemical constituents of pineapple pulp and waste. *J Chem Pharm Res*. 2013;5(2):240-2.
6. Azonkpin S, Chougourou CD, Aboudou K, Hedible L, Soumanou MM. Evaluation de la qualité de l' ananas (*Ananas comosus* (L) Merr.) de cinq itinéraires techniques de production dans la commune d' ALLADA au Bénin. *Revue Internationale des Sciences appliquées*. 2019;2(01):48-61.
7. Tchango Tchango J. Qualité microbiologique des jus et nectars de fruits exotiques : croissance et thermorésistance des levures d' altération [Internet] [These de doctorat]. Lille 1; 1996 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/1996LIL10010>
8. Hermie J, Lenoir J, Weber F. Les groupes microbiens d' intérêt laitier [Internet]. CEPIL. 1992 [cité 4 juill 2023]. 568 p. Disponible sur: <https://www.lavoisier.fr/livre/agro-alimentaire/les-groupes-microbiens-d-interet-laitier/hermier/descriptif-9782877774529>
9. Meyer A, Deiana J, Bernard A. Cours de microbiologie avec problèmes et exercices corrigés - 2e édition [Internet]. 2004 [cité 4 juill 2023]. Disponible sur: https://www.librairiemedicale.com/fr/catalogue/doc/cours-de-microbiologie-avec-problemes-et-exercices-corriges-2e-edition_756/lm_ouvrage.dhtml
10. Dupaigne P. La conservation des jus de fruits par voie chimique. *Fruits* [Internet]. 1962 [cité 3 mai 2023]; Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/457756/>
11. FAO. Codex alimentarius. CODEX STAN 192-1995.
12. Fatima A, Manal BZ. Effet de la température sur la qualité des jus de fruit.: (Cas du jus d' orange) [Internet]. SNV.STU; 2013 juin [cité 2 juill 2023]. Disponible sur: <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/1861>
13. Sofos JN, Pierson MD, Blocher JC, Busta FF. Mode of action of sorbic acid on bacterial cells and spores. *Int J Food Microbiol*. 1 févr 1986;3(1):1-17.
14. CODINORM. norme ivoirienne NI4688 : 2008.
15. Marez M. *dokumen.tips*. [cité 4 juill 2023]. L' acide ascorbique et son utilisation en tant que additif dans les industries alimentaires. Disponible sur: <https://vitcnat.com/acide-ascorbique-utilisation.pdf>
16. Joomwong A, Sornsrivichai J. Morphological Characteristic, Chemical Composition and Sensory Quality of Pineapple Fruit in Different Seasons. 2005;4(2):149.
17. Sairi M, Law JY, Sarmidi MR. Chemical composition and sensory analysis of fresh pineapple and deacidified pineapple juice using electro dialysis. In 2004 [cité 3 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.semanticscholar.org/paper/Chemical-composition-and-sensory-analysis-of-fresh-Sairi-Law/22e48ef77903bddd70871aadabdc62a1e84e85ba>
18. Cuq JL. *.Microbiologie alimentaire : Contrôle microbiologiques des aliments*. 7). université Montpellier de sciences et techniques. (P 4, 5,3. 1997. 4, 5,37 p.
19. Chevalier P. Coliformes totaux. Dans *Fiches synthèses sur l' eau potable et la santé humaine*. Edition : Institut national de santé publique, Québec. Vol. 1. 2003.

20. Belaidouni FZ. La date de péremption des aliments. Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen Faculté des sciences de la nature de la vie Et des sciences de la terre et de l'univers Département de Biologie; 2015.
21. Guillaume M. Fiche n° 12 Déterminer une DLUO. 2008.