Article soumis le : 20/09/2023

Forme révisée acceptée le: 14/01/2014

Auteur corespondant: dominiqueaganze@gmail.com

Revue
Nature et Technologie
https://journals.univ-chlef.dz/index.php/natec

ISSN: 1112-9778 – EISSN: 2437-0312

Efficacité des conservateurs acides et hydrocolloïdes alimentaires sur la durée de conservation du lait cru à température ambiante

Dominique AGANZE MULUME[a,c,*], Daniel BUCHAGUZI MUZUSANGABO[a], Janvier MUGISHO ZIRHUMANA[a], Thomas BRIGATTI[e], Sage WEREMUBI MWISHA[a], Orthence KANYERE KAZIGE[a], Jacques KALUMUNA BARHASHISHWA[d], Pascal NSAMBU MUKONDUASUMU[a,b,d]

[a] *Faculté des sciences Agronomiques et Environnement, Université Evangélique en Afrique, B.P: 3323/Bukavu, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*

[b] *Département de Production Végétale, Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques et Vétérinaires de Mushweshwe (ISEAV-Mushweshwe), B.P :19/Bukavu, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*

[c] *Laboratoire de Microbiologie et Technologie des Aliments, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Université Evangélique en Afrique, B.P : 3323/Bukavu, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*

[d] *Institut Supérieur des Techniques Médicales de Nyangezi (ISTM-Nyangezi), B.P :25/Bukavu, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo*

Résumé

La présente étude a été initiée afin d'étudier les effets des conservateurs acides (CA) et hydrocolloïdes alimentaires (HC) sur la durée de conservation du lait cru à la température ambiante (entre 20 à 25 °C). Pour ce faire, les échantillons de lait cru ont reçu différentes doses des conservateurs acides (l'acide citrique : E330 et l'acide ascorbique : E300) et hydrocolloïdes alimentaires (l'Agar-agar alimentaire : E406 et Amidon : E1400). Les doses des conservateurs acides et des hydrocolloïdes alimentaires ont été variées dans l'optique de trouver la dose optimale pouvant prolonger la durée de conservation du lait cru tout en préservant la qualité physicochimique, microbiologiques et organoleptiques. Au terme des investigations faites, il a été observé que les conservateurs acides utilisés ont permis de préserver la qualité microbiologique des échantillons du lait et n'ont pas présenté des effets significatifs sur les valeurs finales de pH. Par contre, les hydrocolloïdes alimentaires utilisés ont eu l'effet escompté en empêchant la coagulation du lait en présence des acides mais uniquement lorsque la dose appliquée était ≤ 0,3 g dans 100 mL de lait. L'acide citrique a été plus efficace que l'acide ascorbique, tandis que le meilleur hydrocolloïde alimentaire s'est avéré être l'Agar-agar alimentaire (E406). Les résultats de cette étude indiquent que les conservateurs acides et les hydrocolloïdes alimentaires peuvent donc prolonger la durée de conservation du lait cru à température ambiante et limiter la dégradation microbienne du lait cru. Ces substances peuvent aider à améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition dans les régions où la conservation du lait cru pose des sérieux problèmes.

Mots clés : Lait cru ; Conservateurs acides ; Hydrocolloïdes alimentaires ; Qualité microbiologique ; Qualité organoleptique

Effectiveness of food acid and hydrocolloid additives on the shelf life of raw milk at room temperature

Abstract

The present study was conducted to investigate the effects of acid preservatives (AP) and food hydrocolloids (FH) on the shelf life of raw milk at room temperature (between 20 to 25°C). Raw milk samples were treated with different doses of acid preservatives (citric acid: E330 and ascorbic acid: E300) and food hydrocolloids (food agar-agar: E406 and starch: E1400) to determine the optimal dose that could prolong the shelf life of raw milk while maintaining its physicochemical, microbiological, and organoleptic quality. The results showed that the acid preservatives helped preserve the microbiological quality of the milk samples without significant effects on the final pH values. The food hydrocolloids prevented milk coagulation in the presence of acids only when applied at a dose ≤0.3 g in 100 mL of milk. Citric acid was more effective than ascorbic acid, while food agar-agar (E406) was the best food hydrocolloid. Acid preservatives and food hydrocolloids can be effective tools for prolonging the shelf life of raw milk at room temperature and improving food safety and nutrition in regions where raw milk preservation is a challenge.

Keywords: Raw milk; Acid preservatives; Food hydrocolloids; Microbiological quality; Organolepticality.

Ce document est en accès libre selon les termes de la Creative Commons Attribution License CC-BY 4.0, qui permet de le partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer, réutiliser ou adapter avec l'obligation de créditer son auteur.

1. Introduction

Le lait est un aliment très important non seulement dans l'alimentation humaine [1] mais aussi dans la création d'emplois et de la richesse [2,3]. Le lait et ses dérivés sont une source importante de nutriments dont les protéines, les glucides, les acides gras utiles, les minéraux et les vitamines [4-6]. Le lait de vache est le plus consommé de tous les laits des mammifères [7]. Il est consommé aujourd'hui plus que jamais auparavant et sa demande augmente à un rythme rapide [8]. La FAO estime que la consommation de lait par habitant en Afrique est d'environ 25 litres par an, la moyenne mondiale étant de 100 litres par habitant par an [9,10].

Dans les pays africains, plusieurs exploitations investissent dans le commerce du lait car il donne naissance à une multitude de produits laitiers [11] qui sont au cœur de l'alimentation humaine [12]. A l'état cru, les propriétés physicochimiques et microbiologiques du lait sont très intéressantes et renseignent sur la richesse du lait lors de sa consommation ainsi que pour la fabrication d'autres produits laitiers [13,14]. La qualité du lait changent en fonction de plusieurs facteurs dont la génétique de l'animal, les conditions d'élevage, le mode de traite (manuel ou mécanique), l'hygiène, le temps de conservation, etc. [2,15]. Un litre de lait a une valeur énergétique d'environ 750 Kcal facilement utilisables [16].

En République Démocratique du Congo (RDC), le lait est un produit de luxe [17,18]. Toutefois, sa conservation, son transport de la ferme jusqu'à domicile [2] et sa qualité sanitaire constituent une préoccupation importante, tant pour des raisons socio-économiques que sanitaires [19]. De surcroit, la production du lait, se heurte souvent au problème de gestion de la qualité du lait [20] qui ne cesse de s'altérer très rapidement dès sa sortie du pis une fois qu'il est entreposé à la température ambiante. De même, suite à une multitude de microorganismes pathogènes et non pathogènes dont le lait regorge, il ne tarde pas à s'aigrir puis à changer d'apparence [12,21,22]. Ces populations microbiennes sus-évoquées sont d'origines multiples comme les conditions de traite au niveau des fermes, les défauts d'hygiène à tous les stades et l'absence d'une chaîne du froid continue dans le circuit de production [2-5].

Cependant, la préservation de la bonne qualité du lait durant une longue période semble être techniquement et économiquement très délicate à réaliser. Par ailleurs, deux directions ont été explorées simultanément pour prolonger la durée de conservation du lait. Il s'agit d'une part de la transformation radicale du lait via sa déshydratation partielle ou totale [23,24] et d'autre part de l'association du traitement thermique du lait ainsi que de sa réfrigération pour inhiber le développement microbien sans modifier son caractère liquide [21,23,24].

Paradoxalement, un débat permanent sur le traitement optimal du lait a toujours opposé les hygiénistes et les nutritionnistes. Les premiers étant soucieux d'éradiquer toutes les bactéries pathogènes, prônent un traitement thermique élevé du lait, au risque d'altérer son goût. Par contre, les seconds, qui veulent préserver les qualités gustatives et nutritionnelles du lait, préfèrent limiter son chauffage [2].

Le manque d'électricité en permanence et des équipements de conservation (congélateurs et réfrigérateurs) impactent négativement sur la conservation du lait cru pendant une longue durée dans la province du Sud-Kivu en RD Congo. Curieusement, force est de constater que jusqu'à l'heure actuelle, très peu d'études conduites dans la province du Sud-Kivu se sont orientées vers la recherche d'une méthode pouvant aider les éleveurs et les vendeurs à prolonger la durée de conservation du lait cru tout en préservant ses qualités physicochimiques, nutritionnelles, microbiologiques et organoleptiques. Ainsi, c'est dans l'optique de combler ces lacunes susdites que cette étude a été initiée. Elle vise généralement à contribuer à l'amélioration de la durée de conservation du lait cru produit et vendu dans la province du Sud-Kivu via les conservateurs acides (CA) et les hydrocolloïdes alimentaires (HC). Spécifiquement, elle poursuit les objectifs ci-dessous :

- Evaluer les effets des conservateurs acides et des hydrocolloïdes alimentaires sur la durée de conservation du lait cru à la température ambiante ;

- Comparer les qualités physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques de différents laits crus conservés par les conservateurs acides et les hydrocolloïdes alimentaires à la température ambiante avec celles des laits crus conservés à froid via le réfrigérateur.

2. Matériels et méthodes

2.1. Milieu d'étude

Les échantillons du lait cru ont été collectés dans le territoire de Kabare (2° 30′ Sud, 28° 48′ Est), se trouvant dans la province du Sud-Kivu à l'Est de la République Démocratique du Congo. Le choix du territoire de Kabare pour cette étude a été motivé par la dépendance de ses habitants vis-à-vis du lait cru à la fois comme source de revenu et comme aliment. Les analyses physicochimiques, organoleptiques et microbiologiques ont été conduites dans le laboratoire de microbiologie et technologies alimentaires de l'Université Evangélique en Afrique (UEA) à Bukavu.

2.2. Matériel et réactifs utilisés

La présente étude a été menée en utilisant le lait cru issu de plusieurs femelles des vaches de race frisonne qui sont élevées dans les conditions agroécologiques de Kabare. Par ailleurs, les bocaux stériles et le bac isotherme muni des accumulateurs de froid ont été utilisés dans les processus de prélèvement et transport du lait cru de la ferme jusqu'au laboratoire.

Pour le test de conservation du lait, deux conservateurs acides ont été utilisés. Il s'agit de l'acide citrique (E330) et de l'acide ascorbique (E300). De même, deux hydrocolloïdes alimentaires dont l'Agar-agar alimentaire (E406) et l'Amidon (E1400) ont été utilisés pour prévenir la coagulation et empêcher la précipitation des protéines du lait en présence des conservateurs acides.

Plusieurs matériels du laboratoire ont été utilisés lors des analyses physicochimiques et microbiologiques des échantillons du lait conservé. Parmi ces équipements figurent l'autoclave de marque Sturdy SA-252F ayant servi à la stérilisation, la balance analytique de précision (KERN AEJ 100-4CM), la Hotte à Flux laminaire à Rayon UV (Clean view), le bain-Marie (Pierron hydromaxi 1000), le pH-mètre (Mettler-toledo AG), la verrerie du laboratoire (béchers, erlenmeyer, tube à essai, éprouvette graduée, fiole gaugé), le Vortex (CYAN CL001), le Bec bunsen et le réfrigérateur.

2.3. Méthodes

2.3.1. Echantillonnage

Les échantillons du lait cru étaient collectés dans dix (10) fermes paysannes sur des femelles multipares en lactation, de race frisonne, cliniquement saines d'après les vétérinaires des fermes. Un échantillon composite était obtenu en mélangeant les laits collectés dans les dix fermes. Les échantillons de lait cru ont été prélevés et conservés dans des bocaux en polyéthylène stériles à 4 °C au cours de leur acheminement au laboratoire. Les caractéristiques du lait cru utilisé (potentiel en hydrogène, acidité titrable, teneur en matières sèches, taux d'humidité (ou teneur en eau), teneur en lactose, densité, teneur en minéraux) ont été immédiatement mesurées juste après collecte.

2.3.2. Application des conservateurs acides et des hydrocolloïdes alimentaires

Deux conservateurs acides ont été utilisés dont l'acide citrique (E330) et de l'acide ascorbique (E300). De même, deux hydrocolloïdes alimentaires ont été utilisés dont l'Agar-agar alimentaire (E406) et l'Amidon (E1400). Les conservateurs acides ont été appliqués en variant les doses (0,1 ; 0,3 et 0,5 g/100 mL) afin de trouver la dose optimale pour une conservation effective. Les hydrocolloïdes ont également été ajoutés (0,2 ; 0,3 et 0,4 g/100 mL) car ils ont la capacité de maintenir les micelles de la caséine dans une suspension colloïdale en empêchant leur précipitation lorsqu'on ajoute des conservateurs acides dans le lait [24] ; et à condition de les appliquer avant les conservateurs acides dont le choix se justifie non seulement par leur capacité à baisser le pH à des valeurs inférieures à 4 en permettant d'assurer l'innocuité

microbienne du lait [25,26], mais aussi par leur effet sur la réaction de conversion du lactose en acide lactique [27].

Ainsi, les conservateurs acides étant de même nature que les produits de cette réaction enzymatique, ils se comportent comme des inhibiteurs de la réaction [28]. Cela est en effet expliqué par la cinétique des réactions enzymatiques qui présente une phase d'inhibition par les produits de la réaction, une phase pendant laquelle la concentration des produits de la réaction n'est plus négligeable et la réaction inverse tend à diminuer cette concentration [29]. A ce moment-là, la vitesse de formation des molécules du complexe enzyme-substrat (ES) diminue progressivement jusqu'à l'établissement de l'équilibre [28]. Lorsqu'il y a déjà dans le milieu réactionnel (le lait) des molécules de même nature que les produits de la réaction (les conservateurs acides), on atteint la phase d'équilibre pendant laquelle les quantités de substrat « S » et de produit « P » sont constantes ($K_1S = K_{-1}P$) [30]. Dans ces conditions, la réaction est très considérablement ralentie, ce qui empêcherait la dégradation du lactose et d'autres macromolécules du lait [28-30].

Les échantillons de lait ont été séparés en deux lots dont le premier a reçu l'acide citrique et le deuxième lot l'acide ascorbique. Pour le premier lot, neuf échantillons de lait (L1 à L9) ont reçu à la fois l'acide citrique (AC) et les hydrocolloïdes alimentaires (HC). Trois échantillons (L01 à L03) n'ont reçu que l'acide citrique et non les HC. Les échantillons T1 et T2 sont des témoins qui n'ont rien reçu comme traitement mais les T2 ont été conservés au réfrigérateur contrairement aux T1 qui ont été conservé à la température ambiante 20-25 °C. Pour le deuxième lot, la même chose a été faite à la seule différence que l'acide citrique a été remplacé par l'acide ascorbique. Après ajout de conservateurs, les laits ont été conservés à température ambiante, excepté les échantillons témoins (T2) qui ont été conservé à 4 °C dans le congélateur. Les analyses ont été réalisées le premier jour de la collecte des échantillons et après 2 semaines de conservation.

2.3.3. Détermination du pH, de l'acidité Dornic, de la teneur en lactose et phosphore

Les paramètres en étude étaient le pH, l'acidité titrable, la concentration en lactose, la concentration en phosphore et le résidu sec de différents échantillons de lait avant et après 2 semaines de conservation à température ambiante (variant entre 20 et 25 °C) et au réfrigérateur. Ces paramètres ont été évalués respectivement selon les méthodes ci-après : pH-métrie, titrimétrie suivant la norme NF V05-101 (1974) [44], méthode de Bertrand pour la teneur en glucides et méthode d'Olsen pour la teneur en phosphore [9,11]. La teneur en acidité titrable a été déterminée en titrant 10 mL de l'échantillon de lait par la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration 0,01N en présence d'une goutte de phénolphtaléine (1 %) comme indicateur coloré jusqu'au point d'équivalence détectable lors de l'apparition de la couleur rose persistante. A l'issue du dosage, l'acidité titrable a été d'abord exprimée en $g.L^{-1}$ et évaluée via l'expression ci-après :

$$C_0 = \frac{C_1 \times Véq \times Mac}{V_0} \quad (1)$$

Où : $\mathbf{C_1}$ est la concentration d'hydroxyde de sodium (NaOH) de l'ordre de 0,01 N ; Véq est le volume (en mL) de la solution de l'hydroxyde de sodium (0,01 N) consommé au point d'équivalence, en mL ; Mac est la masse molaire de la molécule d'acide lactique de l'ordre de 90 $g.mol^{-1}$; $\mathbf{V_0}$ est le volume de lait prélevé (V_0 = 10 mL).

Enfin, l'acidité titrable du lait a été convertie en dégré dornic (°D) à l'aide de l'expression ci-dessous :

$$^{\circ}D = \frac{C_0}{0{,}1\ g/L} \quad (2)$$

Le lactose a été dosé dans le lait conformément au mode opératoire relatif à la méthode de Bertrand alors que le phosphore a été dosé par la méthode d'Olsen. Le principe de la méthode d'Olsen est tel que l'ion orthophosphate du produit laitier réagit avec l'ion molybdate pour former un complexe phosphomolybdate. Ce dernier est réduit avec l'acide ascorbique en milieu acide pour former un

complexe phosphomolybdique de couleur bleue, dont l'absorbance déterminée à la longueur d'onde de l'ordre de 665 nm est proportionnelle à la concentration de l'ion orthophosphate présent dans l'échantillon de lait.

2.3.4. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau (%H) a été déterminée selon le standard NF V04-401 proposé par l'association Française de Normalisation (AFNOR en 1968). La méthode consiste à étuver l'échantillon à 105 °C jusqu'à obtenir un poids constant. Ainsi, la teneur en eau découle de la différence entre la matière fraîche et la matière sèche.

2.3.5. Teneur en matière sèche

La teneur en matières sèches (%MS) a été déterminée par la méthode proposée par Agbo *et al.* [32]. Elle a consisté à prendre la teneur en eau totale (100 %) et d'y soustraire la teneur en humidité relative obtenue à l'issue de l'étuvage des échantillons du lait cru. La formule ci-dessous a été appliquée pour déterminer la teneur en matières sèches :

$$\mathrm{MS}(\%) = 100\,\% - \%(H) \qquad (3)$$

2.3.6. Détermination de la teneur en calcium

Le calcium a été dosé par complexométrie. Cette méthode utilise le réactif de Patton Reeder (acide calconcarboxylique) comme indicateur coloré acido-basique [39]. Cette teneur découle de la relation ci-dessous :

$$\text{Teneur en Ca } (\mathrm{mg.L^{-1}}) = \frac{40.\mathrm{N}.V_1.1000}{V_2} \qquad (4)$$

Où : V_1 est le volume (mL) de la solution de l'EDTA[1] ayant servi à la titration du filtrat de l'échantillon de lait jusqu'au point d'équivalence ; V_2 est le volume (mL) du filtrat de l'échantillon prélevé (10 mL) ; **N** est la normalité de la solution de l'EDTA (0,01 N).

2.3.7. Mesure de la densité

La densité a été déterminée en plongeant le densimètre dans un pied gradué en verre rempli de 1 L du lait cru, soigneusement homogénéisé au préalable (sans mousse), à la température de 25 °C. La lecture de la valeur stabilisée de la densité a été faite au bord supérieur du densimètre [39].

2.3.8. Analyse microbiologique

L'analyse microbiologique a consisté en l'isolement et le dénombrement de certains microorganismes susceptibles de contaminer les échantillons de lait cru depuis sa traite jusqu'à sa conservation. La flore aérobie mésophile totale (FAMT), les coliformes totaux et fécaux, les *Salmonella spp.* et *Listeria monocytogènes* ont été déterminés par les méthodes décrites par Bacigale *et al.* [25]. Le tableau 1 fournis les résultats de cette analyse.

Le comptage des colonies s'est fait sur les boites qui ont un nombre compris entre 30 et 300 colonies. La formule ci-dessous a été utilisée pour la conversion :

$$\mathrm{N} = \frac{\sum \mathrm{C}}{\mathrm{v}(\mathrm{n}_1 + 0{,}1\mathrm{n}_2 + 0{,}01\mathrm{n}_3).\mathrm{d}} \qquad (5)$$

$\sum$C étant la somme totale des colonies comptées ; n_1 = nombre de boites comptées dans la première dilution ; n_2 = nombre de boites comptées dans la seconde dilution ; n_3 = nombre de boites comptées dans la troisième dilution ; v = volume de solution déposée (1 mL) et d le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages seront observés (10^{-3}).

[1] L'EDTA est un agent chélatant (ou complexant) utilisé dans de nombreuses industries (traitement de l'eau, détergents, textile, photographie, pâte à papier, agroali- mentaire, cosmétique, agriculture...). L'EDTA se présente sous la forme de cristaux incolores, alors que son sel tétrasodique forme une poudre blanche.

Tableau 1.
Germes isolés, Milieux de cultures et caractéristiques des colonies

Germes isolés dans les échantillons de lait	**Milieux de culture et Temps d'incubation**	**Caractéristiques des colonies**
FAMT (Flores aérobies mésophiles totales)	La flore aérobie mésophile totale (FAMT) a été dénombrée en milieu de culture spécifique PCA (Plate Count Agar) après 24 heures d'incubation à 30° C [25].	Les colonies des FAMT ont une coloration blanchâtre ou crème, jaunâtre ou orange sur le milieu PCA. Elles sont entourées d'une zone de clairance.
Coliformes (Fécaux et Totaux)	Les germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux) et les coliformes totaux ont été mis en évidence sur milieu de culture sélectif MacConkey Agar après 24 heures à 72 heures d'incubation respectivement à 30° C et 44° C [25].	Les coliformes produisent des colonies de coloration rouge foncé ou roses sur le milieu MacConkey Agar et ces colonies sont souvent entourées d'un halo de couleur jaune
Salmonella spp.	Les salmonelles ont été dénombrées sur le milieu de culture sélectif Hektoen Agar après 48 à 72 heures d'incubation à 30° C.	Les colonies de Salmonella sont généralement petites, rondes et translucides à vert clair ou bleu verdâtre. Elles peuvent également être noires.
Listeria monocytogènes	*Listeria monocytogènes* ont été dénombrées sur le milieu de culture PALCAM AGAR à une température d'incubation de 37 °C pendant 24 à 48 heures [2].	Les colonies de *Listeria* sont de couleur rouge ou jaune.

2.3.9. Analyse des paramètres organoleptiques

Les propriétés organoleptiques ont été évaluées par un panel de 40 dégustateurs. Les deux méthodes complémentaires d'analyses sensorielles utilisées ont été premièrement le test descriptif (celui d'échelle) portant sur la notation de la qualité suivant 8 descripteurs sensoriels : la couleur, le goût acide, la viscosité, l'arôme, la texture, le goût et l'après-goût. Deuxièmement, le test de préférence ou de classement qui a consisté à indiquer 3 types de lait que le dégustateur a préféré parmi les échantillons.

L'évaluation sensorielle a été effectuée à l'aide d'un formulaire proposé par Costa *et al.* [36] et basé sur une échelle hédonique[2] à 7 points (1 = extrêmement désagréable, 2 = modérément désagréable, 3 = légèrement désagréable, 4 = ni apprécié ni désagréable, 5 = légèrement agréable, 6 = modérément agréable et 7 = extrêmement agréable).

2.3.10. Analyse statistique des données

Les données collectées ont été encodées sous MS. Excel 2013 et nettoyées avant l'application des tests statistiques. Des analyses descriptives ont été réalisées pour ressortir les moyennes et écart-types. L'analyse de la variance (ANOVA) a été appliquée pour déterminer l'égalité des moyennes des paramètres physicochimiques du lait cru conservé à température ambiante. Le test LSD de Fisher (*Least Significant Difference*)[3] a été appliqué pour comparer les moyennes après qu'une analyse de la variance ait conclu la significativité au seuil de 5 % ($\alpha = 0,05$). Une régression linéaire simple a été faite pour mettre au point l'équation du modèle de conservation et la corrélation entre lesdites variables. Par ailleurs, une classification ascendante hiérarchique (CAH)[4] a été appliquée pour regrouper les échantillons de lait cru conservés en utilisant les conservateurs acides et les hydrocolloïdes alimentaires suivant leurs caractéristiques sensorielles. Une fois classifiés, les caractéristiques de chaque classe ont été déterminées en analysant les liens entre les scores des paramètres sensoriels évalués et les classes ressorties. Une analyse de la variance suivie du test LSD a été appliquée pour comparer les scores des paramètres sensoriels suivant les différentes classes. Toutes ces analyses ont été réalisées via le logiciel R version 4.3.1 et le logiciel XLSTAT© 2014 version 16.5.

[2] Test consommateur visant à mesurer le plaisir et/ou la satisfaction éprouvés à la vue ou à la consommation / usage d'un produit. https://www.definitions-marketing.com/definition/test-hedonique/

[3] https://ontostats.univ-paris8.fr/omk/s/logicielsStats/item/7010

[4] https://www.ceremade.dauphine.fr/~roche/CAH.pdf

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Qualité physicochimique du lait cru après la conservation

Les tableaux 2 et 3 présentent les résultats des analyses physicochimiques des échantillons de lait cru après sa conservation au moyen de l'acide citrique (E330) et de l'acide ascorbique (E300).

Tableau 2.
Paramètres physicochimiques de divers échantillons des laits conservés à froid (4 °C) et à la température ambiante (25 °C) par l'acide citrique (AC) (E330) et les hydrocolloïdes alimentaires

Lait	HC	AC	Acidité titrable (°D)	pH	Densité	Teneur en glucides (mg/100mL)	Teneur en eau (%)	Teneur en matière sèche (%)	Teneur en phosphore (mg/100mL)	Teneur en calcium (mg/100mL)
T1	0	0	27,14 ± 0,26	3,55 ± 0,05	1,03 ± 0,00	43,10 ± 1,24	85,15 ± 0,18	14,85 ± 0,18	77,53 ± 9,54	101,99 ± 0,02
T2	0	0	16,96 ± 0,13	5,94 ± 0,03	1,03 ± 0,00	43,77 ± 2,04	88,88 ± 3,40	11,12 ± 3,40	81,71 ± 7,57	100,14 ± 9,86
L01	0	0,1	18,48 ± 0,94	4,08 ± 0,05	1,03 ± 0,00	43,46 ± 2,33	88,01 ± 0,18	11,99 ± 0,18	78,18 ± 8,95	93,93 ± 7,03
L02	0	0,3	17,04 ± 0,15	3,38 ± 0,10	1,03 ± 0,00	44,23 ± 1,22	87,95 ± 0,06	12,05 ± 0,06	73,00 ± 0,09	106,71 ± 4,05
L03	0	0,5	16,68 ± 1,04	3,02 ± 0,00	1,03 ± 0,00	43,39 ± 0,86	88,02 ± 0,04	11,98 ± 0,04	78,10 ± 9,02	94,12 ± 6,79
L1	0,2	0,1	17,04 ± 0,15	4,08 ± 0,01	1,04 ± 0,00	46,11 ± 0,73	87,89 ± 0,20	12,11 ± 0,20	86,81 ± 1,48	106,55 ± 3,94
L2	0,3	0,1	18,10 ± 0,46	3,29 ± 0,01	1,05 ± 0,00	48,33 ± 0,98	87,84 ± 0,04	12,16 ± 0,04	78,20 ± 8,94	94,00 ± 6,99
L3	0,4	0,1	19,62 ± 0,55	3,03 ± 0,01	1,05 ± 0,01	50,44 ± 1,19	77,98 ± 0,58	22,02 ± 0,58	82,61 ± 8,26	94,02 ± 6,93
L4	0,2	0,3	17,04 ± 0,15	3,05 ± 0,04	1,03 ± 0,00	45,15 ± 0,74	87,85 ± 0,03	12,15 ± 0,03	82,52 ± 8,28	96,35 ± 11,15
L5	0,3	0,3	17,24 ± 0,79	3,07 ± 0,01	1,04 ± 0,00	48,63 ± 0,33	78,62 ± 0,03	21,38 ± 0,03	78,24 ± 8,94	93,93 ± 6,95
L6	0,4	0,3	18,61 ± 0,38	3,82 ± 0,66	1,06 ± 0,00	49,84 ± 2,05	76,15 ± 0,66	23,85 ± 0,66	82,48 ± 8,46	102,89 ± 11,24
L7	0,2	0,5	18,48 ± 0,94	3,27 ± 0,02	1,04 ± 0,00	45,18 ± 1,23	87,76 ± 0,04	12,24 ± 0,04	77,25 ± 7,55	100,37 ± 9,66
L8	0,3	0,5	17,85 ± 0,91	3,28 ± 0,06	1,04 ± 0,00	47,94 ± 0,93	78,56 ± 0,07	21,44 ± 0,07	82,62 ± 8,35	93,99 ± 6,87
L9	0,4	0,5	19,41 ± 0,87	3,36 ± 0,04	1,05 ± 0,00	51,18 ± 0,51	75,77 ± 0,03	24,23 ± 0,03	78,28 ± 8,85	102,67 ± 10,95
LSD	AC		1,998	0,5257	0,0083	2,4765	4,4544	4,4545	6,7	7,3197
	HC		2,299	0,6349	0,0042	1,0619	2,1673	2,1673	6,5656	7,064
	Lait		1,0838	0,3017	0,0074	2,178	1,577	1,577	13,298	13,266
P-value	AC		0,0001***	0,0001***	0,7142	0,9700	0,0001***	0,0001***	0,866	0,692
	HC		0,0001***	0,011*	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,456	0,269
	Lait		0,0001***	0,0001***	0,0831	0,915	0,0001***	0,0001***	0,785	0,273

Seuils de signification : *** : 0,001 ; ** : 0,01 ; * : 0,05 et 0,1 les restes

Au regard des résultats présentés dans le tableau 2, il se dénote que la teneur en acidité titrable ainsi que les valeurs de pH, les teneurs en eau et en matière sèche ont hautement varié de manière significative en fonction des doses de l'acide citrique (E330), des doses des hydrocolloïdes alimentaires et du type de lait (P-value < 0,05). En effet, les doses des hydrocolloïdes alimentaires n'ont pas beaucoup fait varier le pH des échantillons. Particulièrement, les échantillons témoins ayant été conservés à la température ambiante (25 °C) ont été caractérisés par le pH final de l'ordre de 3,55 ± 0,05 contrairement aux échantillons témoins ayant été conservés à froid (4 °C) durant deux semaines qui ont présenté un pH final équivalent à 5,94 ± 0,03. Les pH les plus bas ont été observés chez les témoins qui n'ont reçu aucun traitement (3,55 ± 0,05), chez les échantillons ayant reçu des doses élevées d'acide citrique (soit 0,5 g), et chez les échantillons ayant reçu des faibles doses d'acide citrique (0,1 et 0,3 g) sans HC ou avec des doses élevées d'HC (0,4 g/100 mL de lait). La densité des échantillons de lait a varié de façon très significative

uniquement en fonction des hydrocolloïdes alimentaires (P-value < 0,0001). La teneur en glucides a varié de manière hautement significative en fonction des doses des hydrocolloïdes alimentaires (P-value < 0,0001), ce qui n'a pas été le cas pour les deux autres facteurs de variation : acide citrique (P-value = 0,97), types de lait (P-value = 0,915). Quant aux autres variables (la teneur en eau et la teneur en matières sèches), la variation a été très significative en fonction des trois facteurs de variation (P-values < 0,05) contrairement à la teneur en phosphore et en glucide (P-values > 0,05).

Tableau 3.
Paramètres physicochimiques de divers échantillons des laits conservés à froid (4 °C) et à la température ambiante (25 °C) par l'acide ascorbique (AC) (E300) et les hydrocolloïdes alimentaires

Lait	HC	AAs	Acidité titrable (°D)	pH	Densité	Teneur en glucides (mg/100mL)	Teneur en eau (%)	Teneur en matière sèche (%)	Teneur en phosphore (mg/100mL)	Teneur en calcium (mg/100mL)
T1	0	0	27,06 ± 0,30	3,43 ± 0,17	1,03 ± 0,00	43,92 ± 0,57	85,15 ± 0,18	14,85 ± 0,18	82,04 ± 8,80	102,42 ± 2,38
T2	0	0	17,20 ± 0,32	5,94 ± 0,03	1,03 ± 0,00	45,20 ± 1,65	88,88 ± 3,40	11,12 ± 3,40	82,40 ± 6,38	100,14 ± 9,86
L01	0	0,1	18,27 ± 0,69	4,08 ± 0,05	1,03 ± 0,00	43,06 ± 1,08	88,08 ± 0,20	11,92 ± 0,20	78,18 ± 8,95	97,98 ± 7,03
L02	0	0,3	17,04 ± 0,15	3,38 ± 0,10	1,03 ± 0,00	44,23 ± 1,22	87,95 ± 0,06	12,05 ± 0,06	73,00 ± 0,09	106,71 ± 4,05
L03	0	0,5	16,26 ± 0,46	3,02 ± 0,00	1,04 ± 0,00	43,39 ± 0,86	85,36 ± 4,64	14,64 ± 4,64	78,10 ± 9,02	98,04 ± 6,79
L1	0,2	0,1	17,04 ± 0,15	4,08 ± 0,01	1,04 ± 0,00	46,11 ± 0,73	87,89 ± 0,20	12,11 ± 0,20	86,81 ± 1,48	106,55 ± 3,94
L2	0,3	0,1	18,10 ± 0,46	3,29 ± 0,01	1,05 ± 0,00	48,33 ± 0,98	87,84 ± 0,04	12,16 ± 0,04	73,04 ± 0,00	94,00 ± 6,99
L3	0,4	0,1	19,31 ± 0,04	3,03 ± 0,01	1,05 ± 0,01	50,44 ± 1,19	77,98 ± 0,58	22,02 ± 0,58	82,61 ± 8,26	98,05 ± 6,90
L4	0,2	0,3	16,97 ± 0,16	3,05 ± 0,04	1,03 ± 0,00	45,15 ± 0,74	87,85 ± 0,03	12,15 ± 0,03	86,80 ± 1,51	102,78 ± 11,15
L5	0,3	0,3	17,24 ± 0,79	3,18 ± 0,10	1,04 ± 0,00	48,63 ± 0,33	78,62 ± 0,03	21,38 ± 0,03	78,24 ± 8,94	93,93 ± 6,95
L6	0,4	0,3	18,61 ± 0,38	3,82 ± 0,66	1,06 ± 0,00	49,84 ± 2,05	76,14 ± 0,67	23,86 ± 0,67	81,65 ± 7,64	100,45 ± 9,83
L7	0,2	0,5	18,42 ± 1,16	3,25 ± 0,03	1,04 ± 0,00	45,18 ± 1,23	87,76 ± 0,04	12,24 ± 0,04	77,25 ± 7,55	94,00 ± 6,97
L8	0,3	0,5	17,85 ± 0,91	3,28 ± 0,06	1,04 ± 0,00	47,94 ± 0,93	78,56 ± 0,07	21,44 ± 0,07	81,75 ± 7,61	97,96 ± 6,87
L9	0,4	0,5	19,41 ± 0,87	3,35 ± 0,08	1,05 ± 0,00	51,18 ± 0,51	75,77 ± 0,03	24,23 ± 0,03	78,28 ± 8,85	96,34 ± 10,95
LSD		AAs	1,946	0,542	0,008	2,465	4,3905	4,3905	6,443	6,682
		HC	2,2925	0,641	0,004	0,984	2,409	2,409	6,198	6,551
		Lait	0,985	0,315	0,0072	1,835	2,606	2,606	11,689	12,735
P-value		AAs	0,002**	0,000***	0,714	0,000***	0,0001 ***	0,0001 ***	0,816	0,486
		HC	0,3220	0,8261	0,0001***	0,0001***	0,0001 ***	0,0001 ***	0,147	0,344
		Lait	0,0001***	0,0001***	0,066.	0,35227	0,0001 ***	0,0001 ***	0,401	0,549

Seuils de signification : *** : 0,001 ; ** : 0,01 ; * : 0,05 et 0,1 les restes

Il ressort des résultats présentés dans le tableau 3 que durant la période de conservation des laits, les deux conservateurs acides dont l'acide citrique et l'acide ascorbique ont présenté les effets très similaires, à quelques différences près. Spécifiquement, la variable « teneur en acidité titrable » et le « pH » n'ont pas varié significativement en fonction des doses hydrocolloïdes alimentaires utilisés (P-value = 0,322 et 0,826 respectivement). Cela signifie que les doses d'hydrocolloïdes alimentaires n'ont eu aucun effet statistiquement significatif sur le pH final des échantillons.

Pour les échantillons témoins en revanche, les valeurs finales de pH ont grandement varié en ce sens que les laits témoins conservés à la température ambiante (25 °C) ont été caractérisés par le pH final de l'ordre de 3,43 ± 0,17 alors que les laits témoins gardés au réfrigérateur à 4 °C ont présenté le pH final égal à 5,94 ± 0,03. Les valeurs satisfaisantes de pH ont été mesurés chez seulement 4 types de lait ci-après : T2 (5,94 ± 0,03), L01

(4,08 ± 0,05), L1 (4,08 ± 0,01) et L6 (3,82 ± 0,66). Il s'agit des échantillons qui ont reçu des faibles doses d'acide ascorbique et des témoins ayant été conservé au réfrigérateur (4 °C) sans conservateur acide. La variable « densité » a significativement varié uniquement en fonction des doses des hydrocolloïdes alimentaires (P-value < 0,05). La teneur en glucides n'a pas varié de manière significative en fonction des types de lait (P-value = 0,352). Par ailleurs, la teneur en eau ainsi que la teneur en matière sèche ont respectivement varié de manière en fonction des trois facteurs de variation (P-values < 0,05) contrairement à la teneur en phosphore et en glucide (P-values > 0,05).

La relation entre certaines variables (entre les doses des conservateurs acides apportées et le pH, entre les hydrocolloïdes alimentaires utilisés et la densité finale des échantillons de lait) est illustrée par les graphiques de régression linéaire simple ci-après.

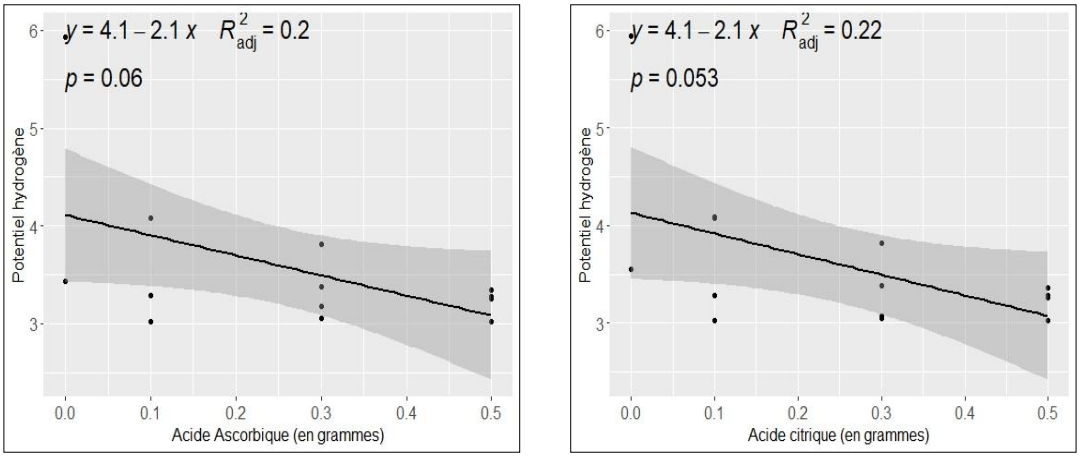

Figure 1. Régression linéaire simple entre les doses d'Acides citrique et Ascorbique sur le pH des échantillons de lait

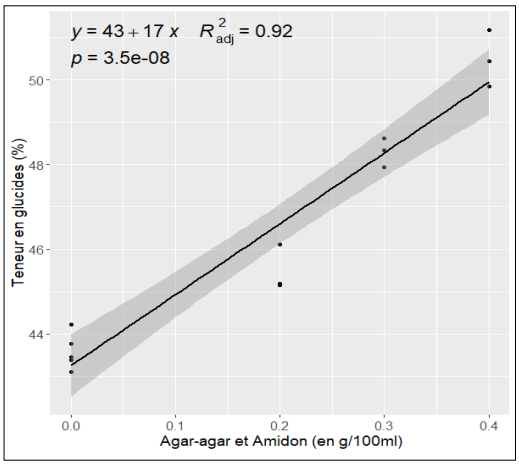

Figure 2. Régression linéaire simple entre les doses d'HC (Agar-agar et Amidon) et la teneur en glucides.

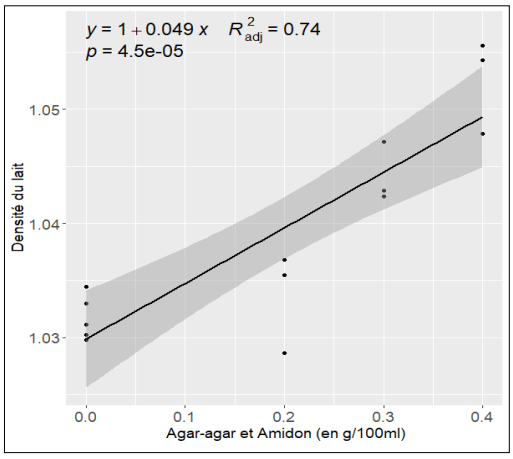

Figure 3. Régression linéaire simple entre les doses d'HC (Agar-agar et Amidon) et la densité du lait.

Au vu des résultats présentés dans la figure 1, il convient de signaler qu'il existe une corrélation négative entre les différentes doses d'acide citrique et d'acide ascorbique avec comme coefficient de corrélation **r** respectivement de l'ordre de -0,527 et -0,514. Cela signifie que les différentes doses d'acide citrique et d'acide ascorbique faisaient diminuer le pH (faisaient augmenter l'acidité finale des échantillons de lait), mais cette corrélation n'est pas statistiquement significative (R^2 = 0,2 et R^2 = 0,22). Les figures suivantes présentent une

régression linéaire simple entre les doses d'HC avec les deux paramètres (densité et teneur en glucides).

Au regard des résultats mis en évidence par la figure 4, il s'observe une corrélation positive entre les doses d'hydrocolloïdes (HC) et la densité du lait. Cela signifie que lorsque la dose d'HC augmente, la densité du lait augmente également, et cette corrélation est très significative ($R^2 = 0,74$). De même, une relation très significative existe ente la teneur en glucides dans le lait et les doses d'HC testées (figure 3).

3.1.2. Qualité microbiologique de tous les laits conservés

Les résultats en rapport avec la qualité microbiologie des laits conservés durant deux semaines sont présentés dans le tableau 4.

Au regard des résultats contenus dans le tableau 4, il s'avère que les doses des conservateurs acides de l'ordre de 0,5 $g.mL^{-1}$ de lait n'ont pas permis aux échantillons de lait de conserver leurs propriétés physicochimiques de départ et ont donc été écartés de l'analyse microbiologique. En plus, il découle de ce tableau que la plus grande contamination microbienne a été observée chez les échantillons témoins sans conservateurs ayant été gardés à la température ambiante (25 °C). Les charges microbiennes les plus inquiétantes ont été observées chez les témoins T1 ayant été conservés à la température ambiante (25 °C) en l'occurrence 45,27 ± 2,27 UFC/mL de la FAMT (flore aérobie mésophile totale), 8,89 ± 1,00 UFC/mL des Salmonelles et 5,45 ± 0,88 UFC/mL des Coliformes totaux.

Pour ce qui cadre avec d'autres échantillons, les plus faibles contaminations en FAMT et en Salmonelles ont été observées chez les échantillons ayant reçu 0,3 g de conservateur acide (2,72 ± 0,62 UFC/mL et 2,33 ± 0,83 UFC/mL respectivement) tandis que les échantillons conservés au réfrigérateur (4 °C) ont présenté la plus faible contamination en coliformes fécaux (0,85 ± 0,32 UFC/mL). Aucun des échantillons n'a présenté de contamination au *Listeria*, conformément aux normes requises.

Conformément à la norme, les échantillons ont respecté la norme pour les FAMT excepté les échantillons témoins conservé à la température ambiante. Pour les *Salmonella*, les Coliformes totaux et fécaux, les échantillons n'étaient pas conformes à la norme mais ces valeurs moyennes ne se sont pas trop écartées de la norme. Enfin, aucune présence de *Listeria* n'a été signalée pour tous les échantillons.

Tableau 4.
Qualité microbiologique des laits après deux semaines de conservation

Traitements		Code	FAMT ($\times 10^5$) (UFC/mL)	Salmonella ($\times 10^4$) (UFC/mL)	Coliformes totaux ($\times 10^5$) (UFC/mL)	Coliformes fécaux ($\times 10^5$) (UFC/mL)	*Listeria* (UFC/mL)
Conservation à 25 °C		T1	45,27	3,89	2,45	2,69	0,00
Conservé au réfrigérateur		T2	4,10	1,62	3,9	0,854	0,00
0,2g Ag	0,1g AC	L1	4,10	3,62	2,80	1,74	0,00
0,3g Ag	0,1g AC	L2	4,85	4,11	3,14	2,66	0,00
0,4g Ag	0,1g AC	L3	6,22	4,24	2,63	1,20	0,00
0,4g Ag	0,3g AC	L4	2,28	1,74	3,62	2,80	0,00
0,2g Ag	0,1g AAs	L5	4,85	2,95	5,49	9,82	0,00
0,3g Ag	0,1g AAs	L6	6,22	4,24	2,63	1,20	0,00
0,4g Ag	0,1g AAs	L7	5,07	4,30	3,45	1,71	0,00
0,4g Ag	0,3g AAs	L8	3,38	2,89	2,45	1,69	0,00
0,2g Am	0,1g AC	L9	4,10	2,22	2,23	1,32	0,00
0,3g Am	0,1g AC	L10	3,16	2,91	2,92	1,43	0,00
0,4g Am	0,1g AC	L11	3,38	2,22	2,23	1,32	0,00
0,4g Am	0,3g AC	L12	3,16	2,91	2,92	1,43	0,00
0,2g Am	0,1g AAs	L13	3,23	2,37	3,82	2,58	0,00
0,3g Am	0,1g AAs	L14	4,02	3,45	3,15	2,48	0,00
0,4g Am	0,1g AAs	L15	2,96	5,49	9,82	4,07	0,00
0,4g Am	0,3g AAs	L16	3,16	2,91	2,92	1,43	0,00
Normes			**30**	**0**	**0,05**	**0**	**0**

Légende : FAMT = flore aérobie mésophile totale ; UFC/mL = Unité formatrice des colonies par millilitre.

3.1.3. Qualité organoleptique de tous les laits conservés

3.1.3.1. Typologie et classification des différents échantillons de lait

Après dégustation de différents échantillons de lait, une classification ascendante hiérarchisée (CAH) a été effectuée dans le but de regrouper et caractériser les différents échantillons de lait soumis aux tests sensoriels.

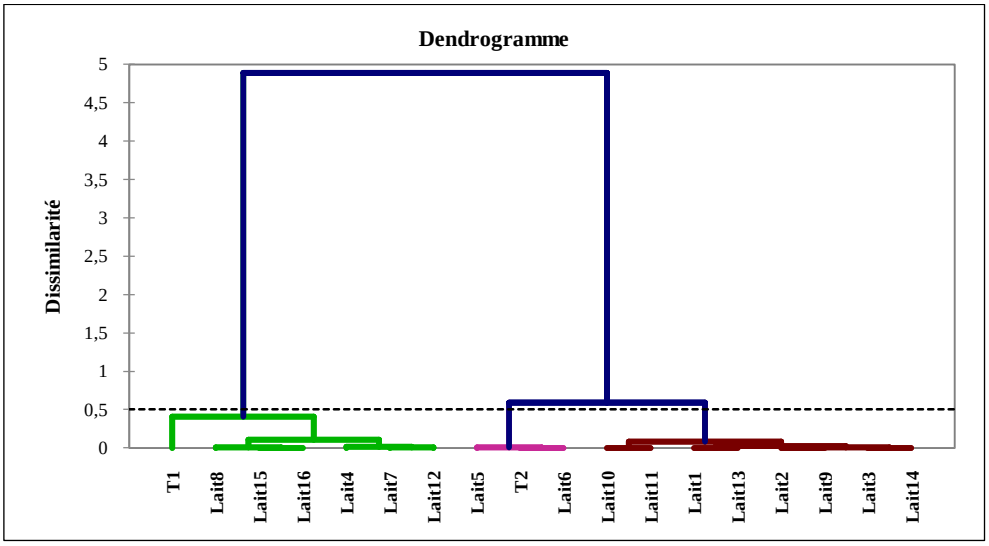

Figure 4. Classification ascendante hiérarchisée (CAH) de différents traitements en fonction des caractéristiques sensorielles

Il ressort de la figure 4 que trois classes (C1, C2 et C3) ont été générées à l'issue de la classification hiérarchisée ascendante. Les échantillons de lait ont été regroupés en ces trois classes suivant leurs caractéristiques sensorielles (Couleur, Acide, Viscosité, Arôme, Texture, Goût et Après-goût). Les caractéristiques de chaque classe sont présentées dans les figures 4 et 5 en annexe. Le tableau 5 suivant en donne les résultats.

Tableau 5.
Appréciation de la qualité organoleptique des laits conservés à la température ambiante

F	Classes			LSD	P-value
	C1	C2	C3		
Couleur	5,60 ± 0,97	6,50 ± 0,00	6,31 ± 0,37	0,192	0,0002***
Acide	5,73 ± 0,35	6,60 ± 0,17	6,51 ± 0,30	0,1374	< 0,0001***
Viscosité	3,81 ± 0,69	6,33 ± 0,29	5,63 ± 0,52	0,2182	< 0,0001***
Arôme	5,41 ± 0,91	6,40 ± 0,36	5,75 ± 0,78	0,2434	< 0,0001***
Texture	3,86 ± 0,38	6,33 ± 0,29	5,25 ± 0,65	0,2178	< 0,0001***
Goût	5,00 ± 0,41	6,60 ± 0,10	5,73 ± 0,41	0,1635	< 0,0001***
Après-goût	5,21 ± 0,70	6,00 ± 0,00	5,94 ± 0,30	0,1511	< 0,0001***

Seuils de signification : '***' : 0,001 ; '**' : 0,01 ; '*' : 0,05 ; '.' 0,1. (Supprimez ce qui est en gaune car toutes valeur sont inf. à 10^{-3})

Il ressort du tableau 5 que toutes les variables ont varié très significativement en fonction des classes. Les caractéristiques de chaque classe sont telles que la classe une (C1) comprend les échantillons de lait (T1, Lait8, Lait15, Lait16, Lait4, Lait7 et le Lait12) qui ont été les moins appréciés par les dégustateurs. Leur score sensoriel moyen a été de 4,9 sur une échelle hédonique de 1 à 7. Ces laits se caractérisent par une grande viscosité (3,81 ± 0,69) et une mauvaise texture (3,86 ± 0,38).

Par ailleurs, les échantillons ayant été les plus appréciés sont ceux de la classe deux (C2) ; il s'agit de 3 échantillons dont leur score sensoriel moyen a été de 6,4 sur 7. Ce sont des laits ayant mieux conservé leurs caractéristiques de départ. C'est cette classe qui a présenté les meilleures qualités sensorielles pour tous les descripteurs. Enfin, les échantillons de la classe trois (C3) ont présenté des caractéristiques intermédiaires, qui leur ont conféré un score sensoriel moyen de 5,7 sur une échelle de 1 à 7. La grande majorité des échantillons de lait a eu des caractéristiques appréciables ; il s'agit de la classe C2 et C3.

3.2. Discussion des résultats

3.2.1. Comparaison de l'efficacité de deux conservateurs acides utilisés

Les résultats ont montré que l'acide citrique (E330) a un potentiel de conservation élevé par rapport à l'acide ascorbique (E300). Cela se justifie par le fait que l'acide citrique a une plus grande affinité à l'enzyme β-galactosidase que l'acide ascorbique [29]. Les différentes doses de conservateurs acides (CA) n'ont pas eu un effet significatif sur le pH final des échantillons après deux semaines de conservation. Cela est mis en évidence par le fait que les échantillons témoins qui n'ont pas reçu des conservateurs et qui ont été conservés à la température ambiante ont présenté des pH aussi acides que ceux des échantillons qui en ont reçu des fortes doses d'aide citrique et d'acide ascorbique. Cela s'explique par le fait qu'une réaction enzymatique cherche un équilibre lorsqu'il y a autant de substrat que des produits de la réaction [29,34].

3.2.2. Comparaison de l'efficacité des deux hydrocolloïdes alimentaires

Les résultats ont montré que les échantillons conservés avec l'Agar-agar (E406) ont présenté des meilleures propriétés physicochimiques que ceux ayant reçu l'amidon après deux semaines de conservation. Cela s'explique par le fait que les amidons natifs présentent des problèmes liés à la solubilité et aux propriétés rhéologiques tandis que les amidons modifiés (l'amidon oxydé diacétylé (E1451) ou le phosphate de di-amidon acétylé (E1414)) fournissent des meilleures propriétés de viscosité et de stabilité dans les produits laitiers [34].

3.2.3. Effet des doses d'hydrocolloïdes alimentaires

Le choix des doses à apporter dans le lait est discuté par plusieurs facteurs. Pour les HC, il en fallait assez pour empêcher la coagulation du lait (précipitation des protéines du lait) lors de l'ajout des CA sans pour autant modifier le caractère liquide du lait durant toute la période de conservation qui s'est étalée sur deux semaines. Les différentes doses ont donc été de 0,2 ; 0,3 et 0,4 en g pour 100 mL de lait. Par ailleurs, pour les CA, la dose à ne pas dépasser était de 5000 ppm. Ce qui a conduit au choix des doses de 0,1 g ; 0,3 g et 0,5 g

dans 100 mL de lait. Ceci corrobore avec les résultats de l'étude menée par Tesfay *et al.*[10].

Les résultats trouvés ont montré que le pH avant conservation a été de 6,52 ± 0,16 pour les différents échantillons de lait collectés, ce qui est conforme aux normes (6,5 - 6,7) de l'Algérie [35]. Le pH variant selon le stade de lactation et l'alimentation de l'animal [36], durant la conservation par cette méthode, il a aussi varié en fonction de la durée de conservation et de la dose des conservateurs acides ajoutés. Ceci ne s'écarte pas du constat [37]. Par ailleurs, une mauvaise conservation acidifie le lait en diminuant le pH au-delà des normes requises et cela déstabilise les propriétés physicochimiques des protéines dans le lait de Costa *et al*. [37]. La majorité d'échantillons des laits ont présenté des pH inférieurs aux normes recommandées, mais certains ne s'en sont pas trop écartés. Il s'agit des échantillons témoins qui ont été conservés au réfrigérateur (5,94 ± 0,03), des échantillons ayant reçu la plus petite dose des CA et la plus petite dose d'HC (4,08 ± 0,01).

Bien que la densité du lait varie avec la race et l'âge de l'animal, l'alimentation, le travail, et présente parfois des variations brusques et accentuées chez le même animal, quoique soumis à la même alimentation durant un laps de temps [38, 39], elle a également varié en fonction des différentes doses d'hydrocolloïdes apportés. Par ailleurs, si la teneur en protéines n'est pas dans les normes édictées, il y a déséquilibre de la densité du lait [10]. Mais la teneur en hydrocolloïdes alimentaire a également eu un effet sur la densité des échantillons de lait parce que ces derniers sont des agents de texture qui ont la capacité de modifier les propriétés rhéologiques des produits laitiers [40, 41]. Seuls 42,8 % des échantillons de lait ont présenté des valeurs de densité conformes aux normes admissibles de l'ordre de 1,028 à 1,036. Par ailleurs, seuls 22,2 % des échantillons ont présenté une teneur en glucides qui est conforme aux normes requises d'au plus 5 %. Les glucides du lait (lactose) sont sensibles aux populations bactériennes et peuvent se transformer en acide lactique [26], cela montre qu'ils varient en fonction de l'hygiène de la traite et de la conservation [42].

Il s'est avéré que les échantillons des laits ayant reçu des faibles doses d'acide ascorbique ainsi que les échantillons témoins des laits sans conservateurs et non réfrigérés ont présenté la charge microbienne la plus élevée. Toutefois, conformément à la norme telle qu'utilisée par Tir *et al.* [43], les échantillons des laits ayant fait l'objet de l'expérimentation ne présentent pas de risque lié à l'ensemble des microorganismes excepté pour les salmonella dont la présence a été constaté dans tous les types de lait à une concentration alarmantes. Les mêmes constatations ont été signalées par Prado L. d-O. A. [33]. Cela s'expliquerait donc par le fait que les conditions de la traite ne sont pas toujours bien effectuées par les éleveurs dans cette région [43]. Les mêmes chercheurs [43] ont montré que le lait cru traité avec de l'acide citrique pouvait être conservé à température ambiante pendant une période de 24 à 48 heures sans développement significatif de bactéries.

4. Conclusion

La présente recherche consistait à évaluer les effets des conservateurs acides et des hydrocolloïdes alimentaires sur la durée de conservation du lait cru de vache à température ambiante. Les résultats montrent que l'application des CA a un effet positif sur l'état du lait après deux semaines de conservation et que leur potentiel maximal de conservation ne se révèle que lorsque ces derniers sont couplés aux HC qui sont des agents de texture ayant pour effet d'empêcher la précipitation des protéines du lait en présence des conservateurs acides utilisés.

Il a été trouvé que les échantillons de lait conservés par cette méthode ont présenté quasiment les mêmes caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et organoleptiques que les échantillons témoins conservés au réfrigérateur (à 4 °C), dans les conditions les plus aseptiques possibles.

Les combinaisons HC– CA recommandées par cette méthode sont de 0,2 – 0,1 ; 0,2 – 0,3 ; 0,3 – 0,1 et 0,3 – 0,3 (en g dans 100 mL de lait). La meilleure combinaison a été celle de 0,2 – 0,3 pour les paramètres physicochimiques ; 0,3 – 0,5 pour la qualité microbiologique et 0,2 – 0,1 pour les descripteurs sensoriels, mais les résultats les plus satisfaisants pour les trois tests ont été obtenues par la combinaison 0,2 – 0,3.

Il a été également constaté que conformément aux résultats escomptés, l'agar-agar (E406) a semblé être plus efficace que l'amidon utilisé. L'amidon utilisé (à l'état natif), a présenté des problèmes liés à la solubilité ainsi qu'aux propriétés rhéologiques car même après

deux semaines de conservation, les dégustateurs ont affirmé avoir senti les granules d'amidon dans les échantillons de lait. Par ailleurs, l'acide citrique (E330) a été plus efficace pour le maintien des qualités physicochimiques et microbiologique tandis que l'acide ascorbique (E300) s'est avéré plus efficace dans la préservation des qualités organoleptiques du lait.

Eu égard aux résultats sus-présentés, il s'avère nécessaire de formuler les suggestions ci-après :

- Qu'il y ait l'utilisation des amidons modifiés à la place des amidons natifs étant donné que ces derniers présentent des problèmes liés à la solubilité et affectent négativement les propriétés rhéologiques du lait ;
- Que d'autres essais puissent être menés ultérieurement, d'une part en utilisant d'autres hydrocolloïdes alimentaires tels que les alginates, et d'autres acides organiques alimentaires pour expérimenter pleinement le potentiel de la méthode de conservation de lait abordée dans la présente étude ; d'autre part, en utilisant des conservateurs acides naturellement disponibles dans la région (le jus de citron) pour en faire une méthode de conservation plus simple et moins couteuse.

Remerciements

Nous remercions les fermiers du territoire de Kabare (Sud-Kivu) de nous avoir rendus la tâche facile lors de la collecte des échantillons de lait.

Références

1. Selma B, Sabrina B. (2000)."Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache dans la région de Guelma". Mémoire de Master, Université de Guelma, Algérie. Disponible en ligne. http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10590.
2. Grillet N, Grimaud P, Loiseau G, Wesuta M, Faye B. (2005). Qualité sanitaire du lait cru tout au long de la filière dans le district de Mbarara et la ville de Kampala en Ouganda. Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.; 58 (4): 245. Disponible en ligne. https://agritrop.cirad.fr/534430/1/ID534430.pdf
3. Moullec M. (2002). Les sources de contamination microbiologique du lait de bovins de la production à la consommation dans les pays du sud. Montpellier : UM2, 43 p. Mémoire DESS (Synthèse bibliographique) : Productions animales en régions chaudes : Université Montpellier 2, France. URL https://agritrop.cirad.fr/511351/.
4. Benallegue H. et Debbeche S. N. (2015). Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de 3 marques de lait U.H.T, (Candia, Obeï et Hodna). Disponible en ligne. https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/biblio/mmf/2015/80-2015.pdf .
5. Asefa Z. and Teshome G. (2019). Physical Properties and Chemical Compositions of Raw Cow Milk in Milk Shades Around Addis Ababa, Ethiopia, J. Nat. Sci. Res., 9 (19): 33–7. URL : https://www.iiste.org/Journals/index.php/JNSR/issue/view/4215
6. Messaoudi K. et Abdelmoua N. (2019) Contribution a l'étude des effets de l'addition des huiles essentielles de Genévrier oxycèdre et Phénicie et de l'activation de système Lactoperoxydase sur les caractéristiques physicochimique du lait cru de vache. Mémoire de Master, Université de Djelfa, Algérie. URL : http://dspace.univ-djelfa.dz:8080/xmlui/handle/123456789/3368
7. Eskin NAM, Goff HD. (2013) Chapter 4-Milk In: Biochemistry of Foods. (3rd edition) Elsevier;. p. 187–214. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091809-9.00004-2
8. Chatellier V. (2020) La dépendance de l'Afrique de l'Ouest aux importations de produits laitiers. INRAE Prod Anim.;33 (2): 125–40. https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.2.4027
9. Hemme T, Otte J. (2010) Pro-Poor Livestock Policy Initiative, Status and Prospects for Smallholder Milk Production A Global Perspective. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL : https://www.fao.org/3/i1522e/i1522e00.htm.
10. Tesfay T., Kebede A. and Seifu E. (2015) Physico Chemical Properties of Cow Milk Produced and Marketed in Dire Dawa Town, Eastern Ethiopia. Food Sci Qual Manag.; 42 : 56–62. URL : https://iiste.org/Journals/index.php/FSQM/issue/view/2026
11. Gallacier JP. (2011) Étiquetage De La Matière Grasse Dans Les Produits Laitiers. Sci Aliments. 30 (1–4): 23–32. doi:10.3166/sda.30.23-32
12. Alomar J. (2007) Étude de propriétés physiologiques de Lactococcus lactis et de Lactococcus garvieae pour la maîtrise de Staphylococcus aureus en technologie fromagère. URL : https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01752847
13. Bachtarzi N, Amourache L, Dehkal G. (2015) Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). Int. J. Innov. Sci. Res., 17 (1): 34–42. URL : http://ijisr.issr-journals.org/authid.php?id=4774
14. Vignola CL. *Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel sénégalais, à partir du lait de vache, coagulé par la papaïne naturelle*. Science et technologie du lait : Transformation du lait. 2002.
15. Kunes R, Bartos P, Iwasaka GK, Lang A, Hankovec T, Smutny L, *et al.* (2021) In-Line Technologies for the Analysis of Important Milk Parameters during the Milking Process : A Review. J Agric., 239 (11): 1–17. https://doi.org/10.3390/agriculture11030239
16. Benayache M. et Guenifi C. (2021) Etude comparative des caractéristiques physico- chimiques et microbiologiques du lait de vache et de lait de chèvre. URL: http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/12085
17. Budza KM : 1995. Evaluation de la qualité physico-chimique du lait cru produit par les petits éleveurs du territoire de Kabare, Sud-Kivu, TFE, Université Evangélique en Afrique, Bukavu, RD Congo, 54 p.
18. Mutwedu VB, Basengere R, Ayagirwe B, Ganza OB, Aksanti CB, Matendo R, *et al.* (2018) Effets des techniques de transformation sur la qualité du fromage blanc traditionnel « Mashanza » produit au Sud-Kivu , RD Congo. J Anim Plant

Sci., 38 (1): 6097–110. https://m.elewa.org/Journals/wp-content/uploads/2018/09/5.Mutwedu-Abstract-JAPS-Vol.37.3-1.pdf
19. Abebe B, Mitiku E, Zelalem Y. (2014) Microbial properties of Ethiopian dairy products: A review, African J Microbiol Res., 8 (23): 2264–71. https://doi.org/10.5897/AJMR2014.6733
20. Taybi N.O., Arfaoui A, Fadli M. (2014) Evaluation de la qualité microbiologique du lait cru dans la région du Gharb , Maroc. Innov. Sp. Sci. Res. Journals. 9 (2): 487–93. http://www.ijisr.issr-journals.org/abstract.php?article=IJISR-14-222-09
21. Vatin F., (1993) L'industrie du lait, essai d'histoire économique. Mouv. Soc., (165): 143–7. Editeur : Paris [France] : L'Harmattan, Collection : Logiques Economiques, ISSN 1140-065X. URL : https://www.jstor.org/stable/i291744
22. Montel MC, Bouton Y, Parguel P. (2012) Ecosystemes des laits et des fromages au lait cru - enjeux pour leur maîtrise. In: Actes des 13ème Rencontres Recherche Ruminant, Paris, 19: 233–40. https://ethno-terroirs.cnrs.fr/gestion/applis/apetit/fichiers/2012_MontelEtAl_synthe%CC%80se3R.pdf
23. Baldwin AJ. (2010) Insolubility of milk powder products – A minireview. 90: 169–79. https://doi.org/10.1051/dst/2009056
24. Felfoul I, Burgain J, Perroud C, Gaiani C, Scher J., Attia H. and Petit J. (2022) Impact of spray-drying conditions on physicochemical properties and rehydration ability of skim dromedary and cow's milk powders. Drying Technology. Taylor Francis. 40 (3): 665-677. https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1828448
25. Bacigale SB, Ayagirwe RB, Mutwedu VB, Mugumaarhahama Y, Mugisho JZ, Nziku Z, *et al.* (2023) Assessing milk products quality , safety , and influencing factors along the dairy value chain in eastern Democratic Republic of the Congo. Front Sustain Food Syst., 7 (3): 1–18. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1105515
26. Hamla H., Belgroune K. (2019) "*Fabrication et suivi des paramètres physico- chimiques et microbiologiques de Jben et Klila fabriqués à partir du lait de vache et de chèvre*", Mémoire de Master, Université d'Oum El Bouagh, Algérie, 65p. http://bib.univ-oeb.dz:8080/jspui/handle/123456789/8644
27. Abd EL-Salam M.H, Safinaz E-S. (2011) A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. Dairy Sci. Technol., 91 (6): 663–99. https://doi.org/10.1007/s13594-011-0029-2
28. Reece J, Urry L, Cain M, Wasserman S, Minorsky P, Jackson R. (2012) Biologie Campbell. Richard M, editor. Saint-Laurent (Québec), 1400 p.
29. Gaspar P, Carvalho AL, Vinga S, Santos H, Neves AR. (2013) From physiology to systems metabolic engineering for the production of biochemicals by lactic acid bacteria. Biotechnol. Adv., 764-788. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.03.011
30. Santos A, Ladero M, Garcı´a-Ochoa F. (1998) Kinetic modeling of lactose hydrolysis by a β-galactosidase from *Kluyveromices fragilis*. Enzyme Microb. Technol., 27 (8): 558–592. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(00)00244-1
31. Admassie M. A. (2018) Review on Food Fermentation and the Biotechnology of Lactic Acid Bacteria. World J. Food Sci. Technol., 2 (1): 19–24. https://doi.org/10.11648/j.wjfst.20180201.13
32. Agbo GM, Dokui F, Dedome SL, Salifou CFA, Toleba SS, Tchobo FP. (2023) Qualité physique et nutritionnelle du lait des vaches Borgou nourries avec des pierres à lécher mise au point au Bénin. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét., 11 (3): 346–350. https://www.agrimaroc.org/index.php/Actes_IAVH2/article/view/1367
33. Prado L. d-O. A. Prédiction de la production et de la composition de la matière grasse du lait par modélisation : rôle des flux de nutriments absorbés. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay, France, 2019. https://theses.hal.science/tel-02071453
34. Alg P., Direction F. Méthodes Officielles d'Analyses Physico-Chimiques et Microbiologiques du lait. 2016. https://www.commerce.gov.dz/reglementation/recueil/-85
35. Boubezari M.T., Aissi M., Harhoura K., Contribution a l'Etude des Caracteristiques Physicochimiques et Mycologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines. 2010.
36. Costa MP, Balthazar CF, Franco RM, Máralém ET, Cruz AG, Conte Junior CA. (2014) Changes in expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure, J. Dairy Sci.; 97 (5): 2610–2618. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7617
37. Costa MP, Monteiro MLG, Frasao BS, Silva VLM, Rodrigues BL, Chiappini CCJ, *et al.* (2017) Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (Theobroma grandiflorum) goat milk yogurts,. J. Dairy Sci., 100 (1): 157–168. https://doi.org/10.3168/jds.2016-11315
38. Ramya P, Babu A, Reddy E, Reddy Y, Rao L. (2016) Analysis of various physico chemical properties of raw buffalo milk samples marketed in and around Proddatur town, YSR Kadapa district, Andhra Pradesh, India, J. Livest. Sci., 7 : 30–34. Disponible en ligne: http://livestockscience.in/wp-content/uploads/buff-milk-charact-AP.pdf
39. Bahramparvar M, Razavi SMA, Khodaparast MHH. (2010) Rheological Characterization and Sensory Evaluation of a Typical Soft Ice Cream Made with Selected Food Hydrocolloids. Dep. Food Sci. Technol., 16 (1): 79–88. https://doi.org/10.1177/1082013209353244
40. Marcotte M, Taherian AR, Trigui M, Ramaswamy HS. (2001) Evaluation of rheological properties of selected salt enriched food hydrocolloids. Mich. J. Food Eng., 48 (2) : 157–167. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00153-9
41. Sissao M, Millogo V, Ouedraogo A. (2015) Composition chimique et qualité bactériologique des laits crus et pasteurisés au Burkina Faso. Afrique Sciences, Rev. Int. des Sci Technol.; 11 (1): 142–154. URL: http://www.afriquescience.info/document.php?id=4254
42. Leyou BF, Bouguetaib H. Evaluation de la qualité de lait de vache à partir de la qualité physico-chimique de l'eau d'abreuvement. 2014. http://dspace.univ-tlemcen.dz/handle/112/7658
43. Tir E., Bounoua S., Heddar M., Bouklila N. (2015) Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique de laits crus de vache dans deux fermes de la wilaya de Tissemsilt (Algérie). 8 (2): 27. URL: https://elwahat.univ-ghardaia.edu.dz/issue/view/37
44. NF V05-101 (1974). Produits dérivés des fruits et légumes - Détermination de l'acidité titrable.

Annexes

Les figures ci-dessous présentent les données sur les caractéristiques sensorielles des échantillons analysés. Ces résultats sont obtenus par le test de dégustation réalisés par 40 panélistes.

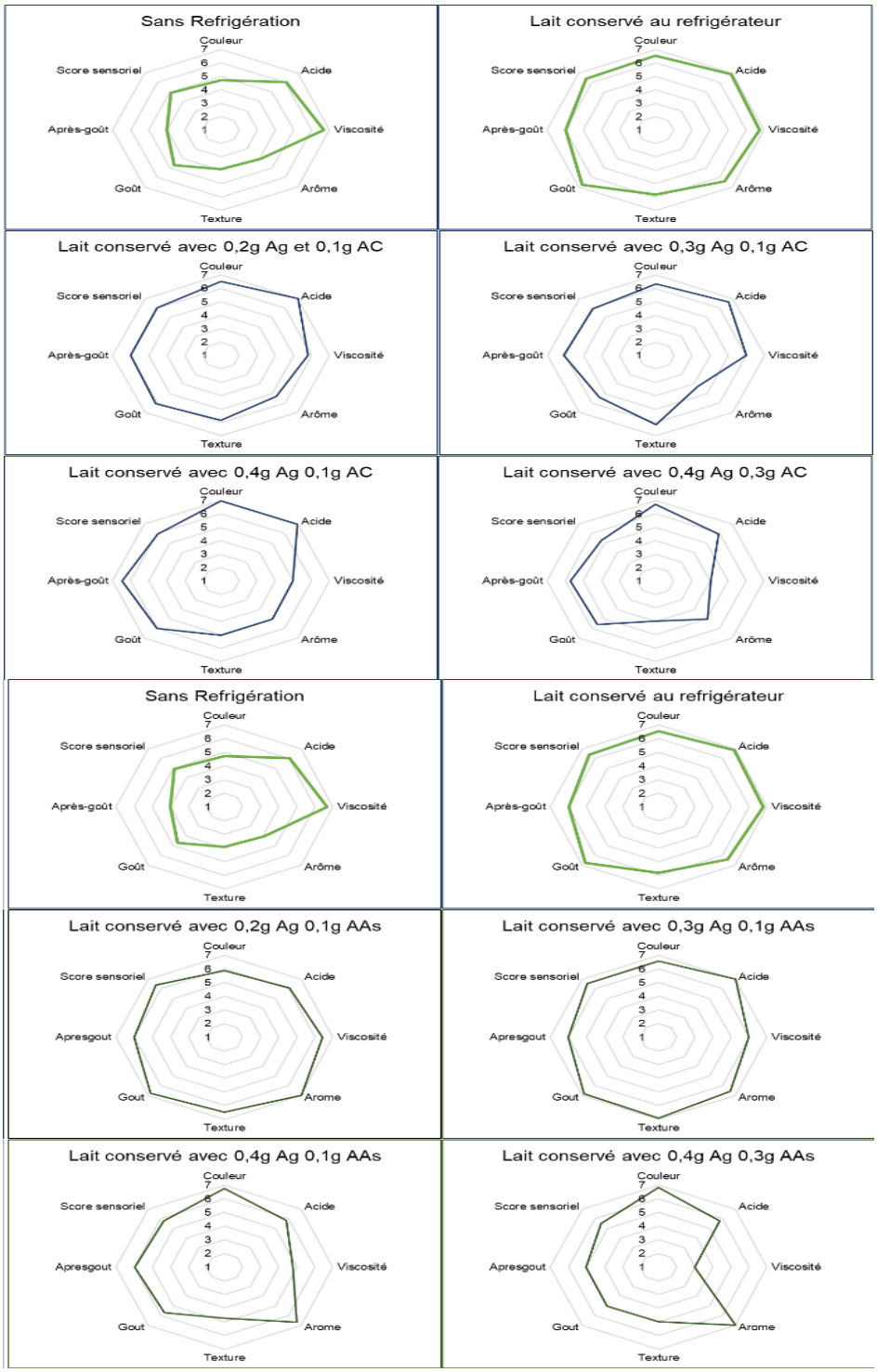

Figure 5. Appréciation organoleptique des échantillons ayant reçu l'Agar-agar (E406)

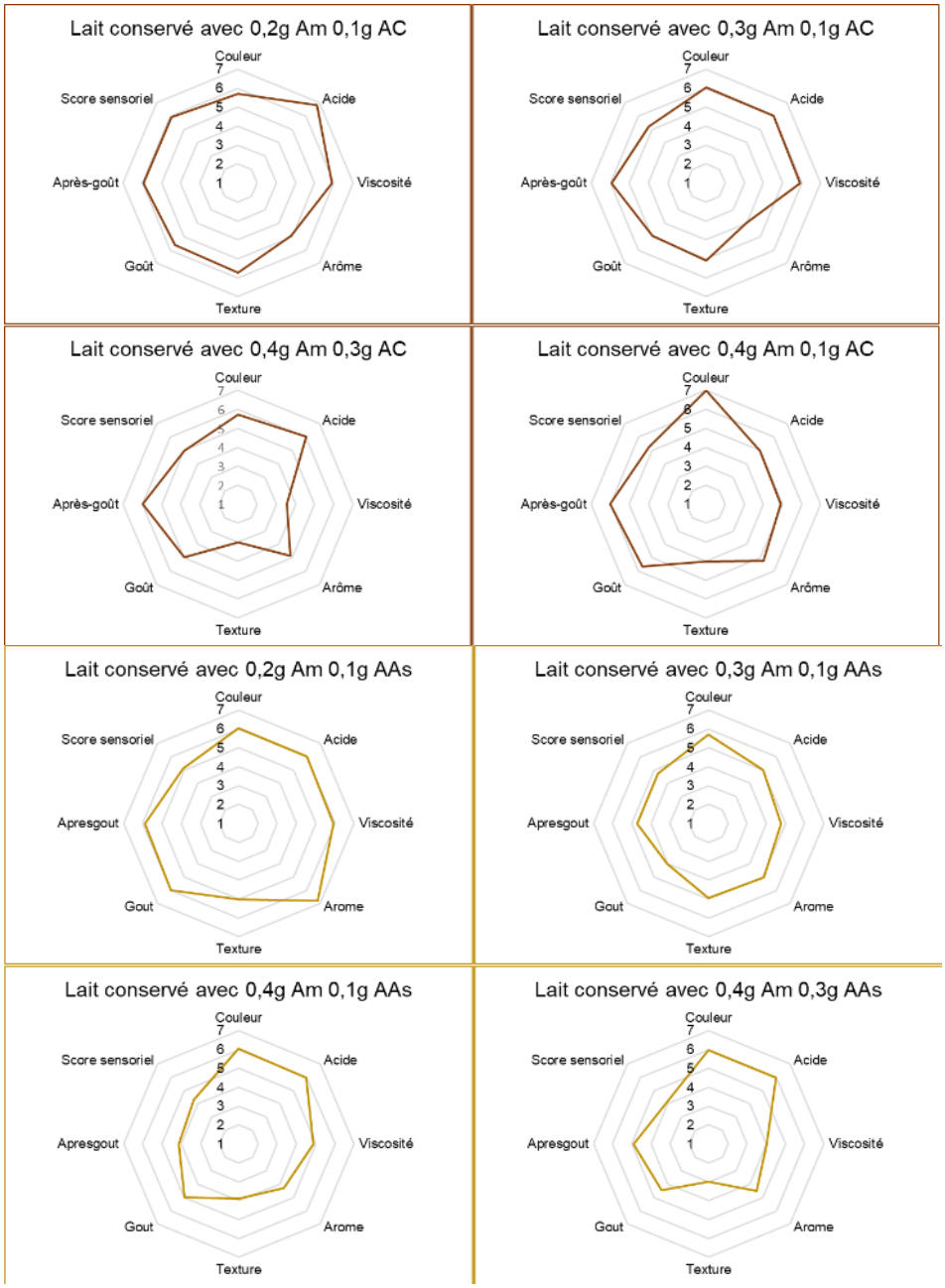

Figure 6. Appréciation organoleptique des échantillons ayant reçu l'Amidon