

Effet de la supplémentation en lait de chamelle dans la gestion de l'ulcère gastrique

Aminu Lailaba Abubakar ¹, Abdullahi Dandare ¹, Shamsudeen Umar Dandare ¹, Sulaiman Rabiou ¹, Abdulqadir Sule Ibrahim ², Saifullahi Armaya'u ¹

¹ Département de biochimie, Université Usmanu Danfodiyo, Sokoto, Nigéria

² Département d'ophtalmologie, Hôpital universitaire Usmanu Danfodiyo, Sokoto, Nigéria

ABSTRAIT

Contexte: L'ulcère gastrique est l'une des principales causes de morbidité dans le monde. Elle est répandue au Nigéria et plus fréquente dans la tranche de revenu la plus faible; cela est principalement lié à leur niveau de vie et à l'utilisation constante d'anti-inflammatoires non stéroïdiens. L'utilisation du lait de chamelle dans le traitement de nombreuses maladies est établie depuis longtemps.

Objectif: Cette étude a été conçue pour évaluer les potentiels du lait de chamelle dans le traitement de l'ulcération gastrique.

Méthodes: Des rats albinos pesant 120 à 150 g ont été divisés en quatre groupes de cinq rats chacun. Groupe I: contrôle négatif, groupe II: contrôle positif, groupe III: rats ulcères gastriques induits par l'éthanol supplémentés avec du lait de chamelle, groupe IV: rats ulcères gastriques induits par l'éthanol dosés par voie orale avec de l'oméprazole.

Résultats: Les résultats de cette étude ont révélé que les globules blancs, les globules rouges, le HBC, le volume des cellules pack, le volume corpusculaire moyen et les plaquettes ont diminué de manière significative ($P < 0,05$) dans le groupe ulcère induit par l'éthanol par rapport aux autres groupes. Aucune différence significative ($P > 0,05$) dans l'hémoglobine corpusculaire moyenne et le niveau moyen de concentration d'hémoglobine corpusculaire pour tous les groupes étudiés. Les niveaux d'enzymes antioxydantes (catalase et superoxyde dismutase) et de vitamines (A, C et E) ont été considérablement améliorés vers la normale ($P < 0,05$) en raison de la supplémentation en lait de chamelle. L'analyse histopathologique du tissu gastrique indique une architecture transmurale préservée avec une muqueuse, une sous-muqueuse et une muscularis propria clairement définies dans le groupe supplémenté au lait de chamelle et le groupe traité à l'oméprazole.

Conclusion: Ces résultats ont démontré l'utilisation potentielle du lait de chamelle pour inverser l'effet néfaste de l'ulcère gastrique induit par l'éthanol et l'altération de certains paramètres biochimiques. Par conséquent, le lait de chamelle pourrait être utilisé comme complément alimentaire pour gérer l'ulcère gastrique.

HISTOIRE DE L'ARTICLE

Reçu le 24 juillet 2018 Accepté le 29 août 2018 Publié le 05 septembre 2018

MOTS CLÉS

Lait de chamelle; l'éthanol; ulcère gastrique; oméprazole; architecture transmurale


Introduction

L'ulcère est une maladie mortelle qui affecte des millions de personnes dans le monde. Elle se caractérise par une perturbation de la muqueuse muqueuse du canal alimentaire [1]. La physiopathologie de base des ulcères gastriques résulte d'un déséquilibre entre certains facteurs endogènes tels que l'acide chlorhydrique, la pepsine, la bile à reflux, le leucotriène, les espèces réactives de l'oxygène (ROS), etc., et les facteurs de protection cellulaire tels que la barrière au bicarbonate de mucus, les phospholipides, les muqueuses circulation sanguine, renouvellement et migration cellulaire et antioxydants [2]. Alcoolisme, tabagisme,

les carences nutritionnelles et l'ingestion fréquente d'anti-inflammatoires non stéroïdiens contribuent aux ulcères gastriques [3]. Les aliments épicés, le café et le stress émotionnel sont des facteurs qui peuvent augmenter la sécrétion acide de l'estomac et provoquer la douleur d'un ulcère existant [4].

Malgré la disponibilité de médicaments anti-ulcéreux, il y a de plus en plus de cas d'ulcère au Nigéria, probablement en raison de la situation économique de la nation ou en raison de l'accès limité aux médicaments, en particulier pour les habitants des zones rurales. De plus, la plupart des médicaments anti-ulcéreux courants présentent certains effets secondaires.

Contact Abdullahi Dandare

 youngdandare@gmail.com Département de biochimie, Université Usmanu Danfodiyo, Sokoto,

Nigeria.

Par conséquent, il est impératif de continuer à rechercher des moyens sûrs, disponibles et abordables de traitement des ulcères.

Le lait de chamelle est disponible et accessible dans la plupart des communautés rurales nigérianes, en particulier dans la partie nord du pays. Le lait est très nutritif et a été utilisé pour soigner diverses formes de maladies [5]. Par conséquent, ce travail a été conçu pour étudier les potentiels thérapeutiques du lait de chamelle contre l'ulcère gastrique.

Matériaux et méthodes

Collection de lait de chamelle

Le lait de chamelle a été obtenu tôt le matin auprès de chameaux en lactation dans la région de Kasuwar Daji kara à Sokoto, au Nigéria. Il a été collecté dans des conteneurs stériles, transporté au laboratoire et conservé au réfrigérateur (4 ° C) jusqu'à utilisation ultérieure.

Animaux expérimentaux

Vingt rats adultes (*Rattus norvegicus*) pesant (120-150 g) ont été utilisés dans la présente étude. Les animaux ont été logés dans des cages en plastique recouvertes d'aluminium recouvertes de sciure et maintenus dans des conditions de laboratoire standard. Les rats ont été nourris avec des aliments vitaux pour les producteurs et alimentés en eau du robinet constante, puis autorisés à s'acclimater pendant 2 semaines avant le début de la recherche.

Protocole de groupe expérimental

Les animaux ont été divisés en quatre groupes de cinq rats chacun et traités comme suit:

Groupe 1 Contrôle négatif: placé sur distillé eau

Groupe 2 Contrôle positif: ulcère induit par l'éthanol non traité

Groupe 3 Ulcère induit par l'éthanol traité avec 5 ml / kg de lait de chamelle [6]

Groupe 4 Ulcère induit par l'éthanol traité avec 20 mg / kg d'oméprazole: un produit de Navketan Pharma Pvt. Ltd./Inde) [7]

Induction d'ulcère

Les rats des groupes (I – IV) ont été affamés pendant 48 heures avec un accès libre à l'eau pour assurer un estomac vide, puis les animaux des groupes II, III et IV ont été administrés par voie orale avec de l'éthanol à 80% (5 ml / kg de poids corporel) à travers le gavage gastrique

aiguilles et permis pendant 24 heures pour l'apparition des ulcères [8]. Ensuite, les traitements au lait de chamelle et à l'oméprazole ont été suivis en conséquence pendant 28 jours.

La préparation des échantillons

Vingt-quatre (24) heures après le dernier traitement, les animaux ont été anesthésiés à la vapeur de chloroforme, puis sacrifiés sous la supervision d'un vétérinaire. Les échantillons de sang ont été prélevés et préparés pour des investigations biochimiques. L'estomac a été récolté, lavé avec une solution saline normale et stocké dans du formol à 10% pour des études histopathologiques.

Évaluation histopathologique

L'estomac récolté a été fixé au formol pendant 24 heures. Le tissu a ensuite été fixé dans du formol tamponné à 10% et traité à l'aide d'un processeur de tissu. Les lames ont été examinées pour les changements morphologiques [9].

Analyse hématologique

Les échantillons ont été analysés avec un analyseur automatique d'hématologie (PCE-210 N; Erma, Inc, Tokyo, Japon), les analyses ont été effectuées conformément au manuel d'utilisation standard.

Détermination des enzymes antioxydantes

Catalase (CAT): La détermination de l'activité CAT a été réalisée par la méthode décrite par Beers et Sizer [10].

Superoxyde dismutase (SOD): L'activité de la SOD a été mesurée selon la méthode décrite par Zhou et al. [11].

Les concentrations de vitamines A, C et E ont été dosées selon la méthode décrite par Rutkowski et Grzegorzczak [12].

L'analyse des données

Les données générées ont été présentées sous forme de tableau et exprimées en moyenne \pm écart-type.

Les valeurs ont été tabulées et présentées comme moyenne \pm erreur standard de la moyenne. Les résultats ont été analysés statistiquement par ANOVA unidirectionnelle à l'aide du logiciel Graph Pad InStat, version 3.0, San Diego, CA, USA. La comparaison multiple de Tukey a été utilisée pour comparer la différence entre les moyennes.

Les différences ont été considérées comme statistiquement signifi- $P < 0,05$.

Les résultats des études histopathologiques ont été présentés sous forme de microphotographies.

Tableau 1. Effet de la supplémentation en lait de chamelle sur les paramètres hématologiques chez le rat ulcère induit par l'éthanol.

Paramètres	Groupe I	Groupe II	Groupe III	Groupe IV
WBC ($\times 10^3$ / l)	6,13 \pm 0,73 ^{une}	15,88 \pm 0,73 ^b	11,03 \pm 1,27 ^c	10,77 \pm 2,83 ^c
RBC ($\times 10^6$ / l)	5,63 \pm 0,35 ^{une}	3,85 \pm 0,17 ^b	6,41 \pm 0,26 ^{une}	5,01 \pm 0,36 ^{une}
HGB (g / l)	12,33 \pm 0,33 ^{une}	5,47 \pm 0,79 ^b	13,17 \pm 0,84 ^{une}	10,23 \pm 0,88 ^{une}
PCV (%)	36,27 \pm 2,05 ^{une}	16,37 \pm 2,19 ^b	36,60 \pm 1,17 ^{une}	29,91 \pm 1,59 ^c
MCV (fl)	65,67 \pm 1,68 ^{une}	58,20 \pm 1,09 ^b	57,17 \pm 1,15 ^b	60,00 \pm 1,56 ^{un B}
MCH (p.)	21,97 \pm 1,39 ^{une}	19,10 \pm 0,59 ^{une}	20,57 \pm 1,27 ^{une}	20,50 \pm 1,19 ^{une}
MCHC (g / dl)	33,33 \pm 1,47 ^{une}	28,50 \pm 5,26 ^{une}	35,93 \pm 1,69 ^{une}	34,10 \pm 1,59 ^{une}
PLT ($\times 10^3$ / l)	250,33 \pm 55,48 ^{une}	406,67 \pm 77,74 ^b	604,67 \pm 55,44 ^c	309,33 \pm 82,18 ^{re}

WBC - globules blancs, RBC - globules rouges, HGB - hémoglobine, HCT - hématocrite, MCV - volume corpusculaire moyen, MCH - hémoglobine corpusculaire moyenne, MCHC - concentration moyenne d'hémoglobine corpusculaire, PLT - plaquettes. Valeurs avec différents exposants (a, b,

c, d) dans les rangées sont statistiquement significatives ($P < 0,05$) tandis que les valeurs avec le même exposant sont statistiquement non significatives ($P > 0,05$).

Tableau 2. Effet de la supplémentation en lait de chamelle sur les vitamines et enzymes antioxydantes chez les rats ulcères induits par l'éthanol.

Groupes	Vitamine A ($\mu\text{mol} / \text{l}$)	Vitamine C ($\mu\text{mol} / \text{l}$)	Vitamine E (mg / dl)	CAT (unités / ml)	SOD (unités / ml)
je	1,77 \pm 0,16 ^{une}	19,79 \pm 3,94 ^{une}	819,08 \pm 188,31 ^{une}	28,71 \pm 4,52 ^{une}	135,93 \pm 14,42 ^{une}
II	1,22 \pm 0,49 ^{une}	27,47 \pm 5,22 ^b	615,35 \pm 210,53 ^b	27,63 \pm 3,54 ^{une}	104,21 \pm 7,77 ^b
III	1,21 \pm 0,09 ^{une}	34,69 \pm 4,82 ^{cb}	797,55 \pm 20,33 ^c	44,93 \pm 5,53 ^b	306,53 \pm 62,84 ^c
IV	1,45 \pm 0,31 ^{une}	36,25 \pm 0,42 ^c	778,72 \pm 49,72 ^{re}	51,07 \pm 3,22 ^b	306,52 \pm 52,85 ^c

SOD: superoxyde dismutase, CAT: catalase. Les valeurs avec différents exposants consécutifs sont statistiquement significatives ($P < 0,05$) tandis que les valeurs avec le même exposant sont statistiquement non significatives ($P > 0,05$).

Résultats

Le tableau 1 montre les résultats des paramètres hématologiques d'un modèle de rat ulcère induit par l'éthanol traité avec du lait de chamelle. Il a été observé que le niveau des globules blancs (WBC), des globules rouges (RBC), du nombre d'hémoglobine (HBC), du volume des cellules pack (PCV), du volume corpusculaire moyen (MCV) et des plaquettes (PLT) diminuait de manière significative ($P < 0,05$) dans le groupe ulcère induit par l'éthanol par rapport aux autres groupes. Cependant, aucune différence significative ($P < 0,05$) a été observée dans les niveaux de MCV dans le groupe non traité induit par l'ulcère par rapport au groupe traité au lait de chamelle et à l'oméprazole. Les niveaux de tous les paramètres hématologiques ont été étudiés à l'exception du WBC, du MCV et du PLT qui sont restés similaires dans le groupe traité au lait de chamelle par rapport au témoin (voir tableau 1). Il a également été observé que l'hémoglobine corpusculaire moyenne (MCH) et la concentration moyenne d'hémoglobine corpusculaire (MCHC) étaient similaires dans tous les groupes ($P > 0,05$). Le tableau 2 montre les résultats des enzymes antioxydantes et des vitamines d'un modèle de rat ulcère induit par l'éthanol traité avec du lait de chamelle. Il a été constaté que les niveaux de vitamine A restent statistiquement similaires ($P < 0,05$) parmi les groupes analysés. La concentration de vitamine C a considérablement augmenté ($P < 0,05$) en raison du traitement à l'oméprazole et de la supplémentation en lait de chamelle, tandis que la concentration de vitamine E est considérablement réduite ($P > 0,05$) en raison de l'induction d'un ulcère. Cependant, l'administration de chameau

le lait et l'oméprazole améliorent sa concentration vers la normale. Les activités CAT et SOD ont augmenté de manière significative dans les groupes traités à l'oméprazole et au lait de chamelle par rapport aux groupes témoins positifs et négatifs. Il a également été observé que l'augmentation de l'activité CAT est similaire dans le groupe traité à l'oméprazole par rapport au groupe traité au lait de chamelle (voir tableau 2).

Les figures 1 à 4 sont des micrographies des coupes gastriques du groupe témoin normal, du groupe non traité induit par l'ulcère, induit par l'ulcère traité au lait de chamelle et induit par l'ulcère traité à l'oméprazole, respectivement. Le groupe non traité induit par l'ulcère (figure 2) montre des signes d'ulcération légère d'une discontinuité dans la muqueuse tandis que les autres groupes (voir figures 1, 3 et 4) ne montrent aucune preuve de lésion gastrique d'une architecture transmurale préservée avec une muqueuse, une sous-muqueuse et une clarté clairement définies. mus- cularis propria.

Discussion

Cette étude a été menée pour étudier le potentiel de la supplémentation en lait de chamelle dans la gestion de l'ulcère gastrique. L'augmentation de la production de ROS et / ou une diminution des niveaux d'antioxydants provoque un stress oxydatif, qui joue un rôle important dans la pathogenèse de l'ulcère gastrique [13]. Les résultats de cette étude ont révélé que l'ingestion d'éthanol à 80% provoque non seulement une lésion dans le tissu gastrique des rats expérimentaux, mais diminue également considérablement le niveau de vitamines et d'enzymes antioxydantes. De façon intéressante,



Figure 1. Contrôle négatif: coupe de l'estomac, muqueuse (astérisque blanc), sous-muqueuse (flèche blanche) et muscularis propria (flèche noire). Hématoxyline et éosine (H & E) $\times 40$ grossissement.

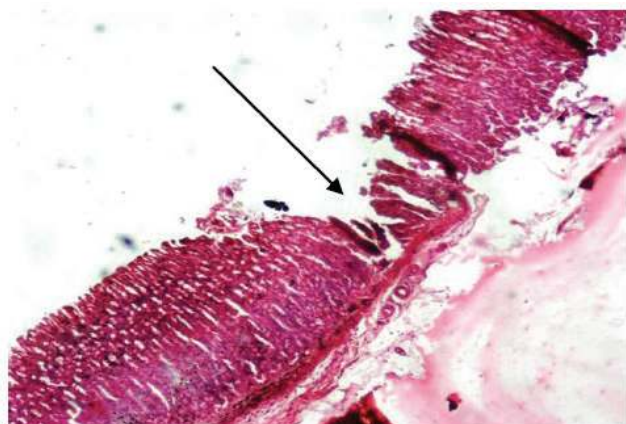


Figure 2. Contrôle positif. Section de l'estomac montrant une discontinuité dans la muqueuse (ulcération légère à modérée) H & E $\times 40$ grossissement.

l'administration de lait de chamelle avait inversé cet effet et amélioré le niveau de vitamine C et E ainsi que l'activité de la SOD, de la CAT et de la glutathion peroxydase. Cet effet pourrait être attribué à l'effet protecteur du lait de chamelle contre le stress oxydatif induit par l'éthanol. Le lait de chamelle contiendrait des concentrations élevées de vitamines A, B2, C et E [14]. Par conséquent, comme les antioxydants sériques sont consommés en raison de l'oxydation exercée par l'éthanol, ils pourraient être reconstitués et les niveaux ont été améliorés vers la normale en raison de l'administration de lait de chamelle. Certes, comme les radicaux libres sont générés chez les rats traités à l'éthanol, ces radicaux libres pourraient être neutralisés à l'aide de vitamines E et C présentes dans le lait de chamelle, ce qui entraînerait une augmentation du niveau de vitamines antioxydantes sériques et de l'activité enzymatique.

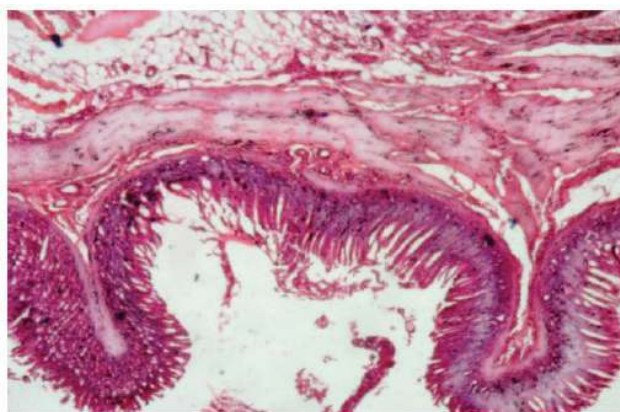


Figure 3. Groupe traité au lait de chamelle: coupe de l'estomac montrant l'architecture transmurale préservée. Grossissement H & E $\times 40$.

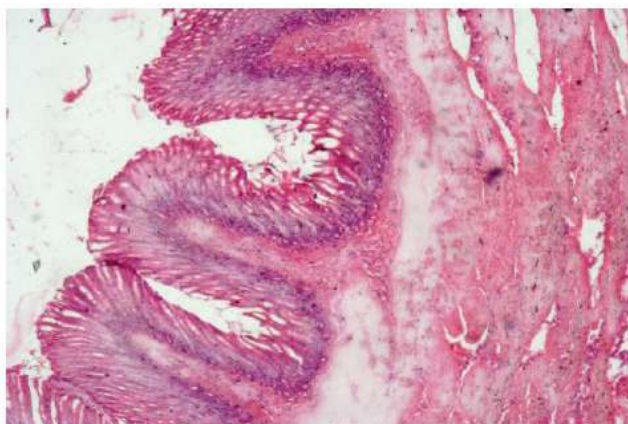


Figure 4. Témoin traité par l'oméprazole. Section de l'estomac montrant l'architecture transmurale préservée. Grossissement H & E $\times 40$.

adénocarcinome gastrique et *Helicobacter pylori*-estomac infecté [16].

Les résultats de cette étude ont également révélé que WBC, RBC, HBC, PCV, MCV et PLT ont diminué de manière significative ($P < 0,05$) dans le groupe ulcère induit par l'éthanol par rapport aux autres groupes. Le traitement au lait de chamelle et à l'oméprazole contrecarre cet effet et améliore le niveau des paramètres hématologiques vers la normalité. Cela peut être attribué à la capacité du lait de chamelle à inhiber la lyse osmotique des globules rouges et à augmenter également le mécanisme de défense antioxydant de la membrane érythrocytaire [17]. Le lait de chamelle est riche en vitamine E [14], indispensable à la réparation rapide de la membrane cellulaire, responsable de la prévention de l'oxydation cellulaire. La vitamine E aide à maintenir la flexibilité des globules rouges qui réduisent la fragilité et les dommages résultant de l'oxydation des membranes phospholipidiques des cellules [18]. Cette vitamine joue également un rôle vital dans le sang rouge

formation de cellules dans la moelle osseuse [19]. La vitamine E augmente également la concentration d'hémoglobine en augmentant l'activité de la formation de chaînes d'enzymes d'hémoglobine, y compris la déshydratase d'acide aminolévulinique (ALA) ainsi que la préparation de certains des éléments de base nécessaires à la production d'hémoglobine; comme le fer et le cuivre [20]. Ces effets ont un lien direct avec l'augmentation du PCV, du RBC et de l'hémoglobine (HGB) observée dans le groupe traité au lait de chamelle. L'augmentation du total des globules blancs observée dans le groupe non traité induit par l'ulcère peut être liée au rôle des globules blancs dans le système de défense corporelle contre les processus inflammatoires se produisant dans la muqueuse du tube digestif. La lésion et l'inflammation du tube digestif auraient pu être soulagées par l'administration de supplémentation en lait de chamelle; cela pourrait être responsable de la diminution des globules blancs observée dans les groupes traités au lait de chamelle et à l'oméprazole. Cette constatation est en accord avec celle d'Al-Fartosi et d'Al-Adhadh [8].

Les résultats de l'examen histologique ont révélé que l'administration d'éthanol entraînait une lésion gastrique et détruisait modérément l'architecture de l'estomac avec une nette discontinuité dans la muqueuse (ulcération légère à modérée) chez des rats expérimentaux non traités induits par l'éthanol (micrographie 1). La supplémentation en lait de chamelle et le traitement à l'oméprazole ont entraîné la cicatrisation des coupes gastriques présentes sous forme d'une architecture transmurale préservée avec une muqueuse, une sous-cosa et une muscularis propria clairement définies.

Conclusion

Le changement observé sur les niveaux de vitamines antioxydantes, l'activité des enzymes antioxydantes et les indices hématologiques, ainsi que les lésions d'estomac chez les rats induits par l'éthanol, a été soulagé grâce à l'administration de lait de chamelle. Ceux-ci conduisent à la conclusion que le lait peut avoir des effets curatifs sur un ulcère modèle induit par l'éthanol chez le rat. Par conséquent, la supplémentation en lait de chamelle pourrait être utilisée comme moyen de prise en charge des patients atteints d'ulcère.

Références

- [1] Klein LCJ, Gandolfi RB, Santin JR, Lemos M, Cechinel Filho V, de Andrade SF. Activité antiulcérogène d'extrait, de fractions et de certains composés obtenus à partir de *Polygala cyparissias* St. Hillaire & Moquin (Polygalaceae). *Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol* 2010; 381 (2): 121–6.
- [2] Konturek SJ, Konturek PC, Brzozowski T. Prostaglandines et cicatrisation des ulcères. Revoir l'article. *J Physiol Pharmacol* 2005; 56 (5): 5–31.
- [3] Belaiche J. Enquête observationnelle sur les AINS évènements indésirables gastro-intestinaux supérieurs en Belgique. *Acta Gastroenterol Belgica* 2002; 65 (2): 65–73. [4] Satyanarayana MN. Capsaïcine et ulcères gastriques. *Crit Rev Food Sci Nut* 2006; 46 (4): 275–328. [5] Knoess KH. Production laitière du dromadaire. Dans: *Actes du Symposium IFS Camels, Soudan*, pp 201-14, 1979.
- [6] Mainasara AS, Isa SA, Dandare A, Ladan MJ, Saidu Y, Rabi S. Profil de tension artérielle et résistance à l'insuline chez des rats hypertendus induits par le sel traités avec du lait de chamelle. *Mediterranean J Nutr Met* 2016; 9: 75–83.
- [7] Dandare A, Zarewa AS, Abdullahi K, Rabi S, Onwughara CA. Effet amilioratif d'extrait aqueux de feuilles de *Ziziphora mucronata* chez des rats modèles d'ulcère gastrique induit par l'éthanol. *J Appl Life Sci Int* 2017; 15 (2): 1–8.
- [8] Al-Fartosi KG, Al-Adhadh AJ. Le rôle protecteur des le lait de chamelle sur certains paramètres hématologiques de rats mâles infectés par un ulcère gastrique. *World J Pharm Sci* 2014; 2 (11): 1465–8.
- [9] Mostofa R, Ahmed S, Begum M, Rahman S, Begum T, Uddin AS et al. Évaluation de l'activité anti-inflammatoire et anti-ulcère gastrique de *Phyllanthus niruri* L. (Euphorbiaceae) laisse chez le rat expérimental. *BMC Complement Altern Med* 2017; 17: 267. [10] Bières RF, Sizer IW. Une méthode spectrophotométrique pour mesurer la décomposition du peroxyde d'hydrogène par la catalase. *J Bio Chem* 1952; 195: 133–40. [11] Zhou YX, Zhang PY, Zhou RZ. Les aigus et toxicité subaiguë à l'ammoniac sur la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idellus*). *Acta Hydrobiologica Sinica* 1986; 10 (1): 32–8.
- [12] Rutkowski M, Grzegorzczak K. Modifications des spécifications méthodes trophométriques pour la détermination des vitamines antioxydantes pratiques dans la pratique analytique. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 2007; 6 (3): 17-28. [13] Tian Y, Jiang B, An L, Bao Y. Effet neuroprotecteur du catalpol contre le stress oxydatif induit par MPP+ dans les neurones mésencéphaliques. *Eur J Pharmacol* 2007; 568: 142–8.
- [14] Yousef MI. Modifications induites par l'aluminium paramètres tobiologiques, peroxydation lipidique et activités enzymatiques des lapins mâles: rôle protecteur de l'acide ascorbique. *Toxicologie* 2004; 199 (1): 47-57. [15] Naito Y, Yoshikawa T, Ando T, Kishi A, Ueda S, Oyamada H et al. Modifications de l'activité de la superoxyde dismutase dans la muqueuse gastrique des patients atteints d'ulcère gastroodénal. *J Clin Gastroenterol* 1992; 14 (1): 131-4. [16] Monari M, Foschi J, Calabrese C, Liguori G, Di FG, Rizzello F et al. Implications des enzymes antioxydantes dans les néoplasmes gastriques humains. *Int J Mol Med* 2009; 24: 693–700.
- [17] Araki K, Rifkind J. Le taux d'hémolyse osmotique: une relation avec la fluidité bicouche membranaire. *Biochim Biophys Acta* 1981; 645 (1): 81–90.

[18] Kraus A1, Roth HP, Kirchgessner M. Supplémentation avec la vitamine C, la vitamine E ou le bêta-carotène influence la fragilité osmotique et les dommages oxydatifs des érythrocytes des rats déficients en zinc. J Nutr 1997; 127 (7): 1290-12.

[19] McDowell L. Vitamines dans les nutriments animaux et humains tion. 2e édition, Iowa State University Press, Iowa, IA, p. 155-225, 2000.

[20] Niki E, Noguchi N. Dynamique de l'action antioxydante de vitamine E. Acc Chem Res 2004; 37 (1): 45-51.