

IMPACT DU MODE DE CONSERVATION SUR LA COULEUR ET L'ACCEPTABILITE DE LA VIANDE DE NANDOU (*RHEA AMERICANA*)

**Filgueras, Renata S.¹ ; Gatellier Philippe¹, Aubry Laurent¹ ; Ferreira Claude O.¹ ;
Zambiasi, Rui Carlos² et Santé-Lhoutellier, Véronique¹**

¹ INRA UR370 Qualité des Produits Animaux, Clermont Ferrand - Theix 63122, Saint Genès
Champanelle, France

² Université Fédérale de Pelotas, Campus Universitário prédio 4 - caixa postal 354, 96010-
900, Pelotas, Brésil

RÉSUMÉ

Au cours des dernières années, la production de viande de ratites (autruches, émeus et nandous) a augmenté. La viande de nandou est maigre et rouge avec un goût proche de celle du bœuf. Actuellement, les seules études menées sur la qualité de la viande de nandou concerne l'aspect sanitaire et la composition. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du mode de conditionnement sur la stabilité de la couleur et l'évolution des processus oxydatifs de la viande de nandou en fonction du muscle. Huit nandous âgés de 15 mois en moyenne ont été abattus et les carcasses réfrigérées avant d'être découpées à 24h *post mortem*. Les muscles *Gastrocnemius pars interna* (GN) et *Iliofibularis* (IF) ont été découpés et conservés : a) à 4°C sous film perméable à l'oxygène pendant 5 jours ; b) à 4°C sous vide pendant 28 jours. Un suivi des paramètres de couleur (système CIELab*), de l'oxydation lipidique (SR-TBA) et protéique (carbonyles) ont été réalisés. La teneur en fer héminique a été déterminée à J1 pour tous les échantillons. Pour les échantillons conservés sous film perméable à l'oxygène, un jury a noté l'aspect de la tranche et indiqué sa décision d'achat. Le muscle GN conservé sous film perméable à l'oxygène se caractérise par une grande stabilité de la couleur, moins d'oxydation lipidique et protéique. A l'inverse, le muscle IF présente une oxydation élevée de la myoglobine combinée à des valeurs de SR-TBA et carbonyles importantes. La viande IF est rejetée par 1 consommateur sur 2 dès le 3^{ème} jour de conservation. Conservés sous vide, ces deux muscles se comportent de manière identique : une stabilité de la couleur et l'absence d'oxydation.

ABSTRACT

During the last years an increase in the ratite meat production (ostriches, emus and rheas) has been observed. The meat of rhea is lean and red and its taste is similar to that of beef meat. Currently, the only studies undertaken on the rhea's meat quality relates to the sanitary and compositional aspects. The objective of this study was to determine the impact of packaging on the color stability and the oxidative process evolution of the rhea meat according to muscles. Eight 15 month old animals (*Rhea Americana*) were slaughtered and the carcasses cooled down for 24h *post mortem*. The *Gastrocnemius pars interna* (GN) and *Iliofibularis* (IF) muscles were cut and preserved under: a) 4°C, air packaged (oxygen permeable film) during 5 days; b) 4°C, vacuum packaged during 28 days. The color parameters (CIELab* system), lipid oxidation (TBA-RS) and protein oxidation (carbonyls) analyses were carried out. The content of haem iron was determined at day 1 for all samples. For the samples preserved under air, a panel noted the aspect of the meat and indicated his purchase decision. The GN muscle packaged under air was characterized by greater color stability and lesser lipid and protein oxidation. The IF muscle showed higher myoglobin oxidation combined with a significant increase of TBA-RS and carbonyls. The IF meat was rejected by 1 consumer out of 2 after 3 days of storage. Under vacuum, both muscles showed high color stability and absence of oxidation.

INTRODUCTION

En Amérique du Sud, les espèces animales locales constituent d'importantes sources de protéines alimentaires. C'est le cas du Nandou (*Rhea americana*), grand oiseau de la famille des ratites qui occupe de larges superficies en Argentine, Brésil, Bolivie, Paraguay et Uruguay. Ces dernières années, le nombre d'élevage de Nandous a augmenté substantiellement dans ces pays, avec pour objectif principal la production de viande pour le marché local. Devant l'intérêt croissant au niveau international pour ces viandes exotiques, les producteurs envisagent la possibilité d'étendre le marché des exportations. A ce titre, il convient d'assurer aux consommateurs une qualité constante et optimale du produit.

Dans ce contexte, le mode de conditionnement de la viande constitue un levier déterminant en terme qualitatif. Outre la maîtrise des développements microbiens, les propriétés nutritionnelles et sensorielles doivent être optimisées. Or très peu d'études ont porté sur la viande de Nandou. Nous disposons donc de peu d'informations scientifiques à ce sujet. Les modifications *post mortem* dans les muscles incluent la diminution du système de défense antioxydant (Renerre et al., 1996 ; Renerre et al., 1999) et l'augmentation de l'oxydation des lipides et protéines (Martinaud *et al.*, 1997 ; Mercier et al., 1998). L'oxydation des lipides génère des aldéhydes à l'origine du développement de l'odeur de rance et la détérioration de la flaveur de la viande. Par ailleurs, les modifications oxydatives des acides aminés, dont certains sont essentiels, conduisent à une modification de leurs propriétés fonctionnelles et affecte leur digestibilité, ce qui conduit à une diminution de la valeur nutritionnelle des protéines (Santé-Lhoutellier et al., 2007 ; Santé-Lhoutellier et al., 2008a). De plus, l'oxydation des lipides et protéines est fortement reliée à l'oxydation de la myoglobine dans la viande (Renerre et Labadie, 1993). Il est déjà bien établi dans la littérature que la couleur de la viande fraîche est une caractéristique particulièrement importante à prendre en compte puisqu'elle va influencer directement la décision d'achat par le consommateur. Bien que le Nandou soit classé parmi les oiseaux, les caractéristiques de sa viande sont tout à fait originales et diffèrent largement de celles des viandes de poulet et de dinde, notamment par sa couleur rouge.

Cette étude a pour objectif d'évaluer la stabilité de la couleur et l'évolution des processus oxydatifs de la viande de Nandou en fonction du type de conservation (sous film perméable à l'oxygène et sous vide) et ceci dans les deux principaux muscles de la cuisse : le *Gastrocnemius pars interna* et le muscle *Iliofibularis*.

1. MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation a été réalisée sur 8 nandous (*Rhea americana*) des deux sexes, âgés de 15 mois en moyenne. Les animaux ont été abattus dans l'abattoir expérimental de l'INRA de Theix après un étourdissement manuel. Les muscles *Gastrocnemius pars interna* (GN) et *Iliofibularis* (IF) ont été réfrigérés, prélevés 24 heures après l'abattage et conservés sous deux différentes conditions : 1) à 4°C sous film perméable à l'oxygène pendant 5 jours; et 2) à 4°C sous vide pendant 28 jours. Pendant la conservation, un suivi des paramètres de couleur, de l'oxydation lipidique et de l'oxydation protéique a été réalisé après 1, 3 et 5 jours de conservation sous film perméable à l'oxygène et après 7, 14, 21 et 28 jours de conservation sous vide.

La stabilité de la couleur de la viande a été déterminée par réflectométrie (coordonnées L*, a* et b* du système CIELab, avec un spectromètre Kontron Uvikon 933. Le ΔR , ou la réflectance R630-R580, correspond à la détermination de la myoglobine oxydée. Une pastille de trois centimètres de diamètre et un centimètre d'épaisseur a été découpée à l'aide d'un cylindre en acier et placée dans le spectrophotomètre équipé d'une sphère d'intégration. Le spectre de réflectance a été effectué dans le domaine du visible (360-760 nm) contre un blanc de sulfate de baryum. Pour le conditionnement sous vide, les mesures objectives de la couleur ont été effectuées après l'ouverture de l'emballage et une oxygénation de 2 heures à l'air. Pour les échantillons sous film perméable à l'oxygène, une analyse sensorielle visuelle a été réalisée par un jury entraîné de 10 personnes qui ont noté sur une échelle numérotée de 1 à 5 la couleur (1 : Marron - 5 : Rouge et 1 : Foncée - 5 : Claire) et l'aspect de la tranche (1 : Désagréable - 5 : Agréable) et indiqué sa décision d'achat (oui ou non).

Le dosage des pigments hémiques a été réalisé selon la méthode d'Hornsey (1956) sur la viande fraîche à 1 jour *post mortem*.

La mesure de l'oxydation lipidique a été réalisée par la détermination des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (SR-TBA), selon la méthode de Lynch et Frei (1993), modifiée par Mercier et al. (1998). Pour évaluer le taux d'oxydation des protéines du muscle au cours de la conservation, des dosages des groupements carbonyles ont été effectués selon la méthode décrite par Oliver et al. (1987).

L'analyse de variance et des corrélations a été effectuée en utilisant le logiciel SAS. Les moyennes ont été comparées par le test de Student.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Stabilité de la couleur : Quel que soit le mode de conservation, les valeurs de luminosité L^* et d'indice de jaune b^* sont équivalentes dans les deux muscles (34 et 9 en moyenne, respectivement). La Figure 1 montre que, sous film perméable à l'oxygène, l'indice de rouge a^* diminue plus rapidement pour le muscle IF que pour le muscle GN. L'ANOVA révèle un effet significatif du muscle et du temps de conservation ($p < 0.0001$). A J3, les valeurs de a^* des muscles GN et IF sont similaires, mais à J5 elles sont significativement différentes entre les deux muscles ($p < 0.0001$). On peut même dire, qu'en terme de couleur, le muscle GN est parfaitement stable sur 5 jours, alors que l'indice de rouge chute d'environ 50% dans le cas de l'IF. En étudiant la viande d'autruche, Paleari *et al.* (1998) ont trouvé des valeurs initiales plus importantes de a^* (environ 22,8). Pour le muscle de la cuisse de dinde et pour la viande bovine les mêmes auteurs ont reporté des valeurs moyennes de 19,3 et 21,7, respectivement.

En ce que concerne la stabilité de la couleur, les mesures de réflectance (ΔR) soulignent une oxydation plus importante de la myoglobine pour le muscle IF au cours de la conservation, ce qui se traduit par une coloration en surface de la viande marron. Les valeurs moyennes initiales de ΔR sont de 14,6 pour le muscle GN et 16,9 pour le muscle IF, après 5 jours de conservation, 9,4 et 2,5, respectivement. Pour la viande d'émeu, Berge *et al.* (1997) ont rapporté des résultats similaires. Au début de la conservation sous film perméable à l'oxygène, ces auteurs ont trouvé des valeurs de ΔR d'environ 11. Après trois jours cette valeur décroît de moitié et à J8 des deux tiers. L'ampleur de l'instabilité dépend cependant du muscle considéré. La viande de Nandou issue du muscle IF est beaucoup plus instable au contact de l'air par rapport au muscle GN.

L'analyse sensorielle visuelle de la viande conservée sous film perméable à l'oxygène indique qu'à partir de 3 jours de conservation, moins de 40% du jury serait favorable à l'achat de la viande issue de muscle IF ; alors que plus de 75% du jury serait favorable à l'achat de la viande GN.

La corrélation entre les valeurs de a^* et l'aspect Désagréable-Agréable de la viande à J5 est élevée ($r = 0,9$; $p < 0,0001$). Par ailleurs, on observe que l'aspect de la viande est jugé désagréable pour des valeurs d'indice de rouge inférieures à 14. En revanche, pour la viande conservée sous vide, aucune évolution de l'indice de rouge n'est observée pendant les quatre semaines de conservation (Figure 2).

Les muscles de Nandou présentent une grande concentration de pigments héminiques, ce qui leur confère une couleur rouge similaire à celle des viandes bovine et ovine. L'effet du muscle sur la teneur en myoglobine, estimée à partir de la concentration en fer héminique, est montré dans la

Figure 3. Le muscle IF présente des teneurs en fer héminique plus élevées que le muscle GN et parallèlement une plus grande instabilité de la couleur. Nos données sont en accord avec celles trouvées pour les muscles de ratites dans la littérature avec des concentrations en fer héminique de l'ordre de 26-29 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de muscle (émeu : Patak et Baldwin, 1993 ; Berge *et al.*, 1997 ; autruche : Heinze *et al.*, 1986 ; Sales, 1996). Il existe une variabilité importante en fonction des muscles considérés. Ramos *et al.* (2009) ont trouvé des concentrations en fer héminique pour le muscle *Iliofiburalis* d'environ 19,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de muscle. Pour les trois muscles étudiés par ces auteurs, le muscle *Iliotibialis lateralis* a eu la plus grande quantité en fer héminique (28 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de muscle), suivi par l'*Obturatorius medialis* (22,9 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de muscle) et, en dernier, par le muscle *Iliofiburalis*. Nos valeurs sont plus importantes pour le muscle *Iliofiburalis*, mais sont similaires à la valeur moyenne reportée pour le muscle *Iliotibialis lateralis*. Chez le bœuf, la teneur en fer héminique varie entre 16 et 20 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de viande (Berge *et al.*, 1993 ; Ramos *et al.*, 2009), chez le poulet entre 1 et 5 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de viande (Touraille *et al.*, 1981) et chez le canard, entre 13 et 22 $\mu\text{g.g}^{-1}$ de viande (Berge *et al.*, 1997). Selon Renner (1977), il y a une corrélation étroite entre la quantité de pigments héminiques musculaires et la respiration mitochondriale. La concentration en pigments héminiques est reliée au métabolisme oxydatif (Hunt et Hedrick, 1977). Ainsi, les teneurs respectives en pigments héminiques des deux muscles de Nandou suggèrent un caractère oxydatif plus prononcé du muscle IF que GN.

Oxydation des lipides et protéines : La Figure 4 montre l'évolution de l'oxydation des lipides mesurée par la teneur en SR-TBA. Les valeurs observées au départ (J1) sont très proches dans les deux muscles et comparables aux valeurs mesurées dans les viandes rouges, comme le bœuf (Gatellier *et al.*, 2005) ou l'agneau (Santé-Lhoutellier *et al.*, 2008b). Au cours de la conservation on observe une augmentation de la teneur en SR-TBA plus marquée dans le muscle IF que dans le muscle GN. A partir de J3 la teneur en SR-TBA du muscle IF a doublé, alors que celle du muscle GN n'a augmenté que de 40%. A J5 la différence d'oxydation entre les deux muscles est encore plus marquée, avec des valeurs de SR-TBA 4 fois plus élevées dans le cas du muscle IF. Dans la viande de bœuf, conservée dans les mêmes conditions, un doublement de SR-TBA a été observé (Gatellier *et al.*, 2001 ; Gatellier *et al.*, 2005).

L'oxydation des protéines mesurée par le taux de carbonyles montre une évolution différente dans les deux muscles. En effet, pour des valeurs initiales comparables de 2,4 nmol.mg^{-1} de protéine dans les muscles GN et IF, on observe de 26% à J3 à 60 % à J5 d'augmentation du taux de carbonyles

dans les muscles IF conservés sous film perméable à l'oxygène. L'oxydation des carbonyles dans le muscle GN n'évolue pas au cours de la même période.

L'absence de données sur les viandes de ratites ne nous permet pas de comparer nos résultats d'oxydation protéique. Cependant dans le muscle *Sartorius* de dinde, Mercier *et al.* (1998) ont rapporté des teneurs en carbonyles maximales d'environ 3,15 nmol.mg⁻¹ protéines après 9 jours de conservation. Pour la viande de bœuf, les valeurs publiées par Insani *et al.* (2008) sont encore plus faibles. À J9 ces auteurs ont trouvé une faible augmentation de taux de carbonyles de la viande de bœuf et les valeurs finales ont été toujours inférieures à 2 nmol.mg⁻¹ de protéines.

Les radicaux générés pendant l'oxydation des lipides, associés à la présence des ions métalliques, favorisent l'oxydation protéique. Ainsi, après 5 jours de conservation sous film perméable à l'oxygène, les viandes présentant des valeurs de SR-TBA importantes, se caractérisent également par une production élevée de metmyglobine et de carbonyles. La corrélation entre taux de carbonyles et oxydation des lipides à la fin de la conservation sous film perméable à l'oxygène est élevée ($r=0,854$; $p<0,0001$). Une corrélation inverse ($r=-0,807$) et significative ($p=0,0002$) entre les valeurs de SR-TBA et d'oxydation de la myoglobine (ΔR) a aussi été mise en évidence, ainsi qu'entre carbonyles et l'oxydation de la myoglobine ($r=-0,722$, $p=0,0016$).

Le conditionnement sous vide se révèle particulièrement adapté à la conservation de la

viande de Nandou, quel que soit le muscle considéré. En effet, la viande a montré une grande stabilité oxydative (résultats non montrés). Pendant toute la période de conservation, nous n'avons pas observé de variations significatives des valeurs de SR-TBA et de carbonyles, qui sont restés proches des valeurs moyennes respectives de 1.5 mg de MDA.kg⁻¹ de viande et 2.5 nmol.mg⁻¹ de protéines.

CONCLUSION

Selon le mode de conservation, les muscles de Nandou se comportent différemment : la conservation sous film perméable à l'oxygène est particulièrement préjudiciable à l'acceptabilité de la viande et ce en raison des oxydations lipidiques et protéiques dont est le siège le muscle IF et dans une moindre mesure le muscle GN. La conservation sous vide, en limitant ces phénomènes oxydatifs, semble appropriée aux deux muscles. Des travaux complémentaires sont à envisager afin de comprendre les mécanismes à l'origine de cette accélération des phénomènes oxydatifs dans le muscle IF.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior, Brazil) pour le financement de la bourse d'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berge, P., Culioli, J., Renner, M., Touraille, C., Micol, D., Geay, Y., 1993. *Meat Sci.*, (35) : 79-92.
- Berge, P., Lepetit, J., Renner, M., Touraille, C., 1997. *Meat Sci.*, (45) : 209-221.
- Gatellier P., Hamelin C., Duran Y. & Renner M. 2001. *Meat Sci.*, (59) : 133-140.
- Gatellier P., Mercier Y., Juin H. & Renner M. 2005. *Meat Sci.*, (69) : 175-186.
- Heinze P.H., Naudé R.T., Van Rensburg A.J.J., Smit, M.C. & Dreyer J.H. 1986. *Die Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, (5) : 6-8.
- Hornsey H., 1956, *J. Sci.Food Agric.*, (7) : 534-540.
- Hunt M.C. & Hedrick H.B. 1977. *J. Food Sci.*, (42) : 513-517.
- Insani E.M., Eyherabide A., Grigioni G., Sancho A.M., Pensel N.A. & Descalzo A.M. 2008. *Meat Sci.*, (79) : 444-452.
- Lynch S.M. & Frei B. 1993. *J. Lipid Res.*, (34) : 1745-1751.
- Martinaud A., Mercier Y., Marinova P., Tassy C., Gatellier P. & Renner M. 1997. *J. Agric. Food Chem.*, (45) : 2481-2487.
- Mercier Y., Gatellier P., Viau M., Remignon H. & Renner M. 1998. *Meat Sci.*, (48) : 301-318.
- Oliver C.N., Alin B.W., Moerman E.J., Goldstein S. & Stadtman E.R. 1987. *J. Biol. Chem.*, (262) : 5498-5491.
- Paleari M.A., Camisasca S., Beretta G., Renon P., Corsico P. Bertolo G. & Crivelli G. 1998. *Meat Sci.*, (48) : 205-210.
- Patak A.E. & Baldwin J. 1993. *J. Exp. Biol.*, (175) : 233-249.
- Ramos A., Cabrera M.C., del Puerto M. & Saadoun A. 2009. *Meat Sci.*, (81) : 116-119.
- Renner M. & Labadie J. 1993. 39th ICoMST, Calgary, S8 : 361.
- Renner M. 1977. *Ann. Tech. Agric.*, (26) : 419-433.
- Renner M., Dumont F. & Gatellier P. 1996. *Meat Sci.*, (2) : 111-121.
- Renner M., Poncet K., Mercier Y., Gatellier P. & Metro B. 1999. *J. Agric. Food Chem.*, (47) : 237-244.
- Sales J. 1996. *J. Sci. Food Agric.*, (70) : 109-114.
- Santé-Lhoutellier V., Aubry L. & Gatellier P. 2007. *J. Agric. Food Chem.*, (55) : 5343-5348.
- Santé-Lhoutellier V., Astruc, T., Marinova P., Grève E. & Gatellier P. 2008a. *J. Agric. Food Chem.*, (56) : 1788-1794.
- Santé-Lhoutellier V., Engel E. & Gatellier P. 2008b. *Food Chem.*, (109) : 573-579.
- Touraille C., Kopp J., Valin C. & Ricard F.H. 1981. *Arch. Geflügelk.*, (45) : 69-76

Figure 1. Evolution de a^* pendant la conservation sous film perméable à l'oxygène des muscles *Gastrocnemius pars interna* (Gn) et *Iliofiburalis* (If) de nandou (*Rhea americana*) à 4°C

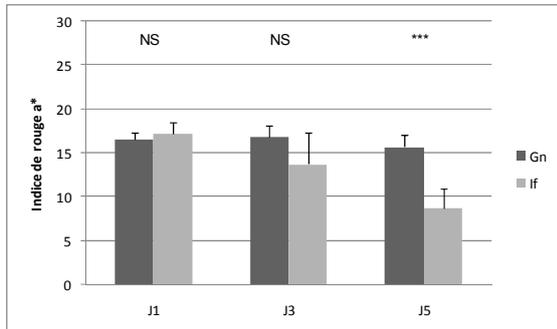


Figure 2. Evolution de a^* pendant la conservation sous vide des muscles *Gastrocnemius pars interna* (Gn) et *Iliofiburalis* (If) de nandou (*Rhea americana*) à 4°C

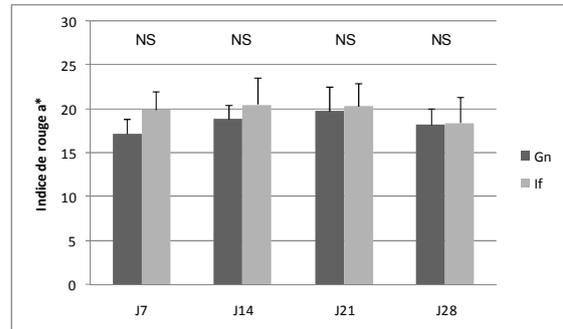


Figure 3. Teneur en fer héminique des muscles *Gastrocnemius pars interna* (Gn) et *Iliofiburalis* (If) de nandou (*Rhea americana*)

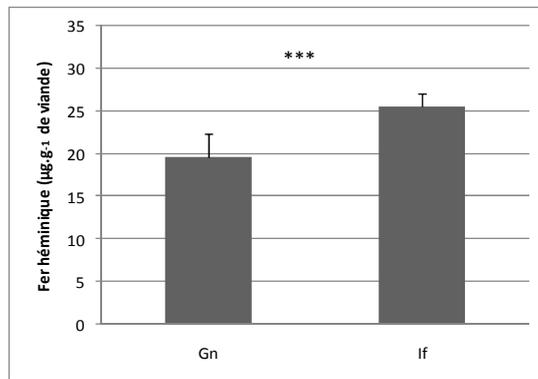


Figure 4. Evolution de la teneur en SR-TBA pendant conservation sous film perméable à l'oxygène des muscles *Gastrocnemius pars interna* (Gn) et *Iliofiburalis* (If) de nandou (*Rhea americana*) à 4°C

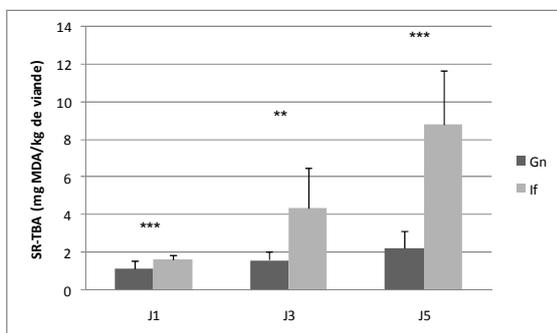


Figure 5. Evolution du taux de carbonyles pendant la conservation sous film perméable à l'oxygène des muscles *Gastrocnemius pars interna* (Gn) et *Iliofiburalis* (If) de nandou (*Rhea americana*) à 4°C

