



Conservation de la viande d'agneau

Evolution de l'oxydation et de la couleur des côtelettes d'agneau en fonction du mode de conditionnement

Auteurs : Badis BENEDEDOUCHE^{1*}, Abdelkader BENSID², Abderrahmane HOUICHER³, Esma BENEDEDOUCHE⁴

¹ Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, BP 161 El Harrach, Alger 16000, Algérie

² Faculté des Sciences Agrovétérinaires, Département Vétérinaire, Université Saad Dahleb, Blida

³ Faculté des Sciences, Département d'agronomie, Université de Laghouat

⁴ Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger, Algérie

* Auteur correspondant: beneddouchebadis@hotmail.com

La conservation des pièces de viandes fraîches découpées a toujours posé des problèmes d'évolution organoleptique en rapport avec la durée de vie commerciale du produit. Trois modes de conservation ont été testés (sous vide, sous atmosphère et sous film perméable à l'oxygène) et trois critères ont été retenus : l'évolution de l'oxydation des lipides, le taux de produits d'oxydation du cholestérol, la couleur et la perte de poids durant le stockage sous réfrigération. La forte teneur en oxygène du conditionnement sous atmosphère exacerbe la couleur rouge vif mais limite la durée de vie de la viande et accélère les processus d'oxydation lipidiques. L'emballage sous vide allonge la durée de vie en réduisant les altérations mais la couleur reste sombre dans l'emballage ce qui représente un frein commercial.

CONTEXTE ET OBJECTIFS

Un des principaux objectifs de l'industrie de la viande est de maintenir la qualité première de la viande tout en retardant le plus longtemps possible sa détérioration au cours de sa durée de vie commerciale. Le développement de la technologie de conditionnement sous atmosphère modifiée s'est avéré être une alternative efficace qui prolonge la durée de vie. Son objectif est de contrôler les processus de dégradation tels que l'oxydation des lipides, la croissance microbienne et la couleur de la viande. Un autre avantage est qu'il n'a besoin ni d'additifs ni de conservateurs (Gobantes et al., 2001).

Actuellement, la méthode la plus largement utilisée dans le traitement commercial de la viande fraîche est le conditionnement sous atmosphère modifiée avec mélanges de gaz conditionnés (Renner et al., 1993). La technique d'emballage sous vide est utilisée principalement pour les grosses pièces de viande fraîche dans les premières phases de la chaîne de distribution. Le manque d'O₂ augmente le pourcentage de la myoglobine réduite Mb dans la viande rouge fraîche. Cela modifie la couleur rouge de surface au rouge pourpre. L'emballage sous vide, n'est donc pas utilisé pour la vente au détail des pièces de découpe individuelles des viandes fraîches, puisque dans ce dernier cas, l'aspect normal de la viande

est le facteur déterminant dans le choix des consommateurs (Joo et al., 1995; Gatellier et al., 2001).

L'objectif de l'emballage sous atmosphère modifiée est d'améliorer la conservation de la viande et d'éviter tout changement dans son apparence. Les mélanges se composent généralement d'O₂, CO₂ et de N₂ à différentes concentrations. L'inclusion de l'oxygène dans l'atmosphère de conservation favorise une concentration accrue d'oxyhémoglobine, responsable de la couleur rouge vif de la viande (Sorheim et al., 1996). Cependant, l'utilisation de fortes concentrations d'oxygène favorise aussi les réactions d'oxydation des lipides, ce qui accélère l'altération organoleptique de la viande (Jensen et al., 1998). La fonction du CO₂ dans les mélanges est de retarder la croissance microbienne (Nissen et al., 1996; Faustman et al., 1998) qui, avec les procédés d'oxydation, sont les principales causes de dégradation de la qualité de la viande au cours du stockage. L'azote N₂ est un gaz inerte, ne provoquant pas de modification dans les produits emballés : il est utilisé comme un complément à l'O₂ et de CO₂ dans le mélange (Gobantes et al., 2001).

Dans cette étude, une comparaison a été faite entre trois conditionnements : sous atmosphère modifiée avec un mélange 70% d'O₂ et de 30% de CO₂, sous vide et sous film perméable à l'oxygène. Les processus d'oxydation

des lipides (acides gras et cholestérol), la couleur de la viande et la perte de poids des côtelettes d'agneau lors du stockage ont été évalués.

MATERIELS ET METHODES

1. Animaux

24 carcasses d'agneau ont été sélectionnées après l'abattage sur la base de la conductivité électrique et du pH mesuré dans le muscle long dorsal pour éviter les carcasses DFD et PSE (Garrido et al., 1995). Le muscle long dorsal des animaux sélectionnés a été découpé en côtelettes de 2,5 cm d'épaisseur après 24 h de stockage en réfrigération. Les côtelettes obtenues à partir de chaque animal ont ensuite été regroupées en trois groupes différents:

- Conditionnement sous film perméable à l'oxygène(CSA) : Les côtelettes ont été placés dans des plateaux en polystyrène, sur emballées avec du chlorure de polyvinyle perméable à l'oxygène (en PVC) de film (650 cm³ m⁻² h⁻¹ à 23 ° C)

- Conditionnement sous atmosphère modifiée (CAM) : Les côtelettes ont été placées dans des bacs en polystyrène dans des sacs BB4L (Cryovac) avec faible perméabilité aux gaz (8-12 cm³ m⁻² O₂ par 24 h). L'air dans les packs a été remplacé par le mélange 70% d'O₂ et 30% CO₂
- Conditionnement sous vide (CSV) : Les côtelettes ont été placées dans des sacs et emballées sous vide (Packmultifonction).

Les échantillons ont été par la suite conservés dans des conditions commerciales de vente au détail, à une température de 4°C et exposés à une lumière de 600 Lux.

2. Oxydation des lipides

L'oxydation des lipides a été déterminée par l'acide thiobarbiturique substances réactives (TBARS) en utilisant la méthode d'extraction de (Botsoglou et al., 1994). Les TBARS ont été mesurés en double sur chaque échantillon et exprimés en mg malonaldéhyde oxydation par kg de viande à des jours

différents: conditionnement sous film perméable à l'oxygène à 2, 4 et 6 jours; conditionnement sous atmosphère modifiée à 2, 4, 6, 8, 10 et 12 jours; conditionnement sous vide à 2, 6, 10, 12, 18 et 20 jours.

3. Produits d'oxydation du cholestérol (POCS)

Les POCS ont été déterminés par extraction des lipides totaux en utilisant la méthode de (Folch et al., 1957). La séparation de la fraction contenant des dérivés du cholestérol a été réalisée en utilisant la méthode modifiée de (Park et Addis., 1986) telle que décrite par (Cayuela et al., 2003), pour la dérivation de l'extrait purifié, la séparation de gaz après la chromatographie et la

quantification de la 7^β-OH, α -epoxy, Triol, 7-keto and 25-OH dérivés. Les mesures ont été exprimées individuellement (gg-1 de la viande) et comme POCS total ou ratio POCS total / cholestérol. Les analyses ont été effectuées avant l'emballage et le dernier jour de stockage pour chaque type d'emballage.

4. Couleur

La couleur de la surface de la viande a été mesurée (Anonyme.1970), en trois exemplaires sur chaque échantillon, par un Minolta Chromamètre C310 les mêmes

jours que TBARS, le L*, a*, b* (système CIE. 1976), chromaticité (C*=a*²+b*²) et angle de teinte (H*=arctg (b*/a*) ×360°/(2×3.14)).

5. La perte de poids pendant le stockage

Pour la détermination de la perte de poids pendant le stockage, chaque échantillon de 2,5 cm d'épaisseur a été pesé avant emballage et après stockage. Les poids ont

été exprimés en pourcentage du poids d'origine sur les mêmes jours que TBARS.

6. Analyse statistique

Les mesures ont été soumises à une analyse de variance afin de déterminer l'incidence de l'emballage et

l'heure de stockage sur chaque variable, ANOVA 1 facteur procédure de SPSS 11.5.

Résultats et discussions

1. Valeurs de TBARS pendant la conservation sous réfrigération

Les résultats TBARS (Tab. 1), substances réagissant avec l'acide Thio barbiturique, montrent l'effet pro-oxydant des atmosphères de préservation avec des concentrations élevées en oxygène, avec des valeurs des échantillons conditionnés sous atmosphère modifiée significativement plus élevée ($p < 0,05$) que les échantillons conditionnés sous film perméable à l'oxygène et sous vide sur tous les jours analysés. Ces résultats sont en accord avec les précédentes études (Jensen et al., 1998; Houben et al., 1998; Formanek et al., 2001). Toutefois, les valeurs de TBARS dans les

viandes sous vide étaient significativement plus faibles que celles trouvées dans les viandes sous film perméable à l'oxygène.

Au terme du temps de stockage, les valeurs de TBARS des échantillons emballés avec de l'oxygène (CSA et CAM) ont augmenté de manière significative sur tous les jours analysés. Pour le conditionnement sous vide, les TBARS n'évoluent pas au cours de la période de conservation. Ceci est en accord avec les résultats d'autres auteurs (Cannon et al., 1998; Nam et al., 2001).

Tableau 1: Evolution des valeurs de TBARS pendant la conservation sous réfrigération

Jour	Méthodes de conservation		
	Conditionnement sous film perméable à l'oxygène	Conditionnement sous atmosphère modifiée	Conditionnement sous vide
2	0.02±0.9	0.13±0.9	0.02±1.0
4	0.03±0.8	0.15±1.0	0.02±1.0
6	0.04±1.4	0.20±1.7	0.03±1.5
8	-	0.22±1.1	0.03±1.5
10	-	0.25±2.3	0.03±1.5
12	-	0.30±2.6	0.03±1.6
18	-	-	0.03±1.7
20	-	-	0.04±1.8

2. Concentration du produit d'oxydation du cholestérol (POCS) à la fin de stockage

Les concentrations du POCS à la fin de stockage (Tab. 2) montrent comment le processus de l'oxydation du cholestérol se développe en parallèle avec les réactions d'oxydation des acides gras (TBARS), avec un coefficient de corrélation de 0,65 ($p < 0,001$), similaire à celui trouvé par Nam et al., 2001. En raison de l'effet pro-oxydant de l'oxygène, les échantillons sous atmosphère modifiée étaient les seuls à avoir connu une augmentation significative de POCS, pour atteindre une concentration de $0,44 \text{ mg kg}^{-1}$ à la fin de stockage, ce qui représente une augmentation de 83,3%.

Ainsi, la concentration d' α époxy ($0,11 \text{ mg kg}^{-1}$), d'oxystérol principal, avec un taux de 30% atteint seulement la moitié de la concentration à laquelle on observe des dommages dans des expériences avec des tissus vivants (Boesinger et al., 1993). Aucune donnée n'a été rapportée dans la littérature sur les niveaux toxiques de l'apport alimentaire quotidien.

Dans les échantillons, où le processus d'oxydation est plus avancé, la concentration relative de la 7-kéto était de 21%, comparativement à 6% dans les échantillons conditionnés sous film perméable à l'oxygène. Cette augmentation relative dans le taux de 7-kéto, à la fin de stockage dans les échantillons qui ont été exposés le plus à l'oxydation est expliqué par le fait qu'il est un produit dérivé à partir d'oxystérols hydroxylés, qui agissent comme précurseurs (Ruperez et al., 2001).

L'analyse des valeurs CIE montre que les échantillons emballés sous atmosphère modifiée et sous vide présentent des valeurs supérieures de luminosité L^* ($52,7 \pm 2,3$ et $52,2 \pm 2,2$, respectivement) que les échantillons conditionnés sous film perméable à l'oxygène ($45,8 \pm 4,3$). Ceci est en accord avec les résultats de (Priolo et al., 2001) et peut être causée par la réduction de la dessiccation de surface dans ces échantillons emballés dans des matériaux à faible perméabilité d'eau.

Tableau 2 : Concentration des POCS dans la viande fraîche

^{x,y,z} Différentes lettres pour la même ligne indiquent des différences significatives ($p < 0,05$)

	Jour	Méthode de conservation		
		Conditionnement sous film perméable à l'oxygène	Conditionnement sous atmosphère modifiée	Conditionnement sous vide
Total POCS (mg g^{-1} viande)	0	0.24±0.05		
	Fin	0.28 ^x ±0.07	0.44 ^y ±0.05	0.26 ^x ±0.05
POCS/COL (%)	0	0.04±0.01		
	Fin	0.04 ^x ±0.01	0.07 ^y ±0.01	0.04 ^x ±0.01
Total POCS	%	16.6	83.3	8.3

3. Evolution de chromaticité pendant la conservation sous réfrigération

Les valeurs de a^* , nuance de rouge (Tab. 3) montrent des résultats plus élevés pour les échantillons sous atmosphère modifiée que pour les échantillons sous film perméable à l'oxygène et sous vide au début de stockage (jour 2). Contrairement à d'autres emballages, les échantillons conditionnés sous vide n'ont révélé aucune

augmentation significative de la valeur a^* au jour 2 de stockage, attribuable uniquement à l'effet de maturation décrite par (Renner, 1981 ; Brewer et al., 2001). C'est le seul point où la valeur d'une a^* était significativement plus faible que dans les échantillons conditionnés sous atmosphère modifiée. Cette augmentation des valeurs a^*

au début de stockage est inférieure à celle trouvée par d'autres auteurs dans le rumsteck (Nissen et al., 1996) qui est due au fait que l'oxymyoglobine de surface est moins formée dans la viande d'agneau, et il est moins stable (Sorheim et al., 1999; Millar et al., 1994). Vers la fin de stockage, les résultats montrent une plus grande stabilité des couleurs dans la viande emballée sous vide, avec des valeurs a^* supérieures à celles de b^* . Ceci est expliqué par la réduction des processus oxydatifs, et confirme la

corrélation entre les chiffres a^* et l'oxydation des lipides dans la viande rouge. Cette corrélation a également été trouvée par d'autres auteurs (Gatellier et al., 2001; Denoyelle et al., 2001; Brewer et al., 2001). Les angles de saturation et la teinte sont plus étroitement liés à l'apparence visuelle et ont montré des différences significatives au jour 2 (Joo et al., 1995; Lund et al., 2007).

Tableau 3 : Evolution des valeurs de a^* pendant la conservation sous réfrigération

Jour	Méthode de conservation		
	Conditionnement sous film perméable à l'oxygène	Conditionnement sous atmosphère modifiée	Conditionnement sous vide
0	4.5	4.5	4.5
2	4.9±1.4	5.7±0.9	5.2±1.1
4	4.5±1.2	5.2±1.0	5.5±1.1
6	4.0±1.4	5.0±1.7	5.7±1.3
8	-	4.2±1.1	5.8±1.4
10	-	3.5±1.8	5.8±1.5
12	-	3.8±2.0	5.7±1.6
18	-	-	5.7±1.7
20	-	-	5.4±1.8

Seulement au jour 2, les échantillons conditionnés sous atmosphère modifiée ont eu des valeurs de chromaticité supérieures (Fig 1). Dans le cas de l'emballage sous vide, la différence était statistiquement significative. Ce résultat est expliqué par la présence de fortes concentrations d'oxygène, ce qui augmente l'épaisseur de la couche oxygénée de la viande (Houben et al., 1998; Sorheim et al., 1999; Norman, 2005). A partir du jour 2 des valeurs de chromaticité étaient plus élevés dans

les échantillons sous vide, tandis que les valeurs d'angle de teinte ont été significativement inférieures à ceux sous film perméable à l'oxygène et sous atmosphère modifiée (Fig 2). Le comportement d'échantillons conditionnés sous atmosphère modifiée est similaire avec ceux de (Lanari et al., 1995) pour les côtelettes de porc emballées dans des conditions similaires, montrant comment l'utilisation d'une atmosphère oxygénée hyperbar n'est pas bénéfique dans le cas de la viande d'agneau.

Figure 1 : Evolution de la chromaticité durant le stockage en réfrigération

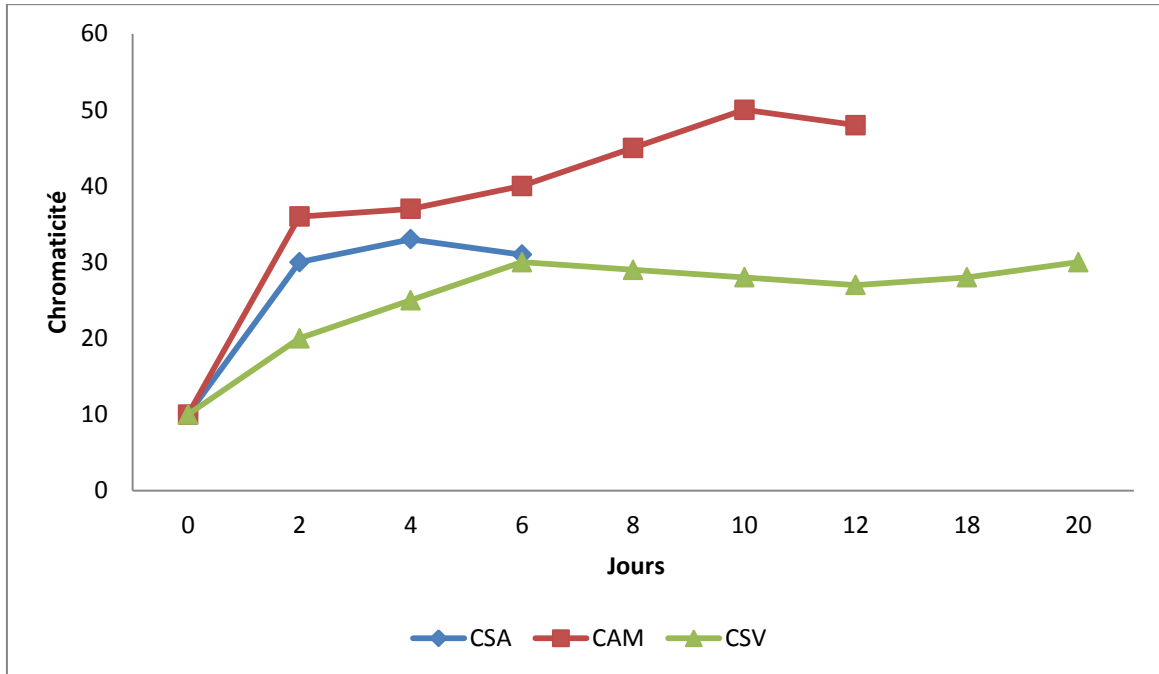
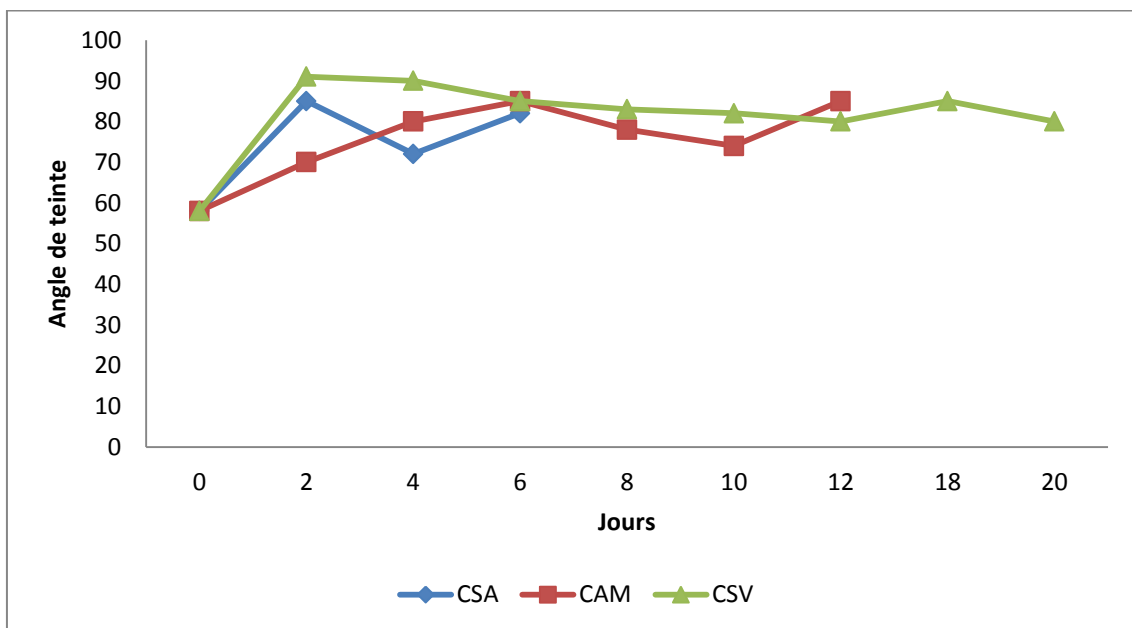


Figure 2 : Evolution de l'angle de teinte durant le stockage en réfrigération



4. Pertes de poids au cours du stockage

En termes de perte de poids au cours du stockage (Tab.4), les viandes sous vide ont initialement des pertes nettement plus élevées, causées par les variations de la pression, tels que décrits par (Schulter et al., 1994) Les échantillons emballés sous atmosphère modifiée sont ceux avec les plus petites pertes, ce qui contredit la relation positive entre le processus d'oxydation des lipides et la réduction de la capacité de rétention d'eau pendant le stockage. Cela a déjà été réfuté par d'autres auteurs (Monahan et al., 1994; Den Hertog et al., 1997), qui n'a trouvé aucune relation directe entre les processus d'oxydation des lipides et la dégradation des membranes cellulaires au cours du

stockage. Dans le même temps, aucun effet de réduction des émissions de CO₂ n'a été observé sur la capacité de rétention d'eau.

(Joo et al., 1995) a décrit cela et il explique cela par la baisse du pH de la viande, qui à son tour est causée par la diffusion du CO₂, estimée être de 1 L de CO₂ par kg de viande dans des conditions réfrigérées. (Sorheim et al., 1996) ne constatent aucune modification significative du pH en utilisant la même atmosphère (80% d'O₂ et 20% en CO₂).

Tableau 4 : Perte de poids durant le stockage en réfrigération*

Jour	Méthode de conservation		
	Conditionnement sous film perméable à l'oxygène	Conditionnement sous atmosphère modifiée	Conditionnement sous vide
2	4.7 ^{axy} ±0.9	4.5 ^{ax} ±0.9	5.0 ^{ay} ±1.0
4	5.9 ^b ±0.8	5.6 ^{ab} ±1.0	-
6	6.9 ^c ±1.4	6.6 ^b ±1.7	7.7 ^{ab} ±1.5
8	-	7.7 ^{bc} ±1.1	-
10	-	7.9 ^{bc} ±2.3	8.5 ^{bc} ±1.5
12	-	8.0 ^c ±2.6	8.8 ^c ±1.6
18	-	-	9.0 ^c ±1.7
20	-	-	9.1 ^c ±1.8

* Pourcentage de poids initial

^{a,b,c} Différentes lettres pour la même ligne indiquent des différences significatives ($p < 0.05$)

^{x,y,z} Différentes lettres pour la même ligne indiquent des différences significatives ($p < 0.05$)

Conclusion

Les résultats montrent comment la conservation de côtelettes d'agneau à des concentrations élevées en oxygène ne présente aucun avantage dans les paramètres de couleur par rapport à l'emballage sous air, et favorise par contre les processus d'oxydation des lipides. Toutefois, l'emballage sous vide est considéré comme une alternative qui ne modifie pas

significativement la couleur de la viande d'agneau, et bénéficie en outre d'un effet sur l'abaissement de la dégradation oxydative. En référence aux choix qualitatifs préférentiels des consommateurs, la conservation sous atmosphère modifiée proposée dans la présente étude est la méthode à conseiller pour le stockage de la viande ovine.

Remerciements

Sincères remerciements au laboratoire de l'OREVIC SGP PRODA pour leur aide et assistance.

Références

1. Anonyme (1970) Mesure instrumentale de la couleur. *Tecnosintesi*, VI (48), 5-37.
2. Boesinger S, Luf W, Brandl E (1993). 'Oxysterols': Their occurrence and biological effects. *Intl Dairy J*, 3, 1-33.
3. Botsoglou NA, Fletouris DJ, Papageorgiu GE, Vassilopoulos VN, Mantis AJ, Trakatellis (1994). A.G. Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feedstuff samples. *J Agr Food Chem*, 42, 1931-1937.
4. Brewer MS, Zhu LG, Bidner B, Meisinger DJ, McKeith FK (2001). Measuring meat color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Sci*, 57,169-176.
5. Cannon JE, Morgan JB, Schmidt GR, Tatum JD, Sofos JN, Smith GC, Delmore RJ, Williams SN (1998). Growth and fresh meat quality characteristics of sheep supplemented with vitamin E. *J Anim Sc*, 74, 98-105.
6. Cayuela JM, Garrido MD, Ban SJ, Ros JM (2003). Simultaneous HPLC analysis of α -tocopherol and cholesterol in fresh meat. *J Agr Food Chem*, 51, 1120-1124.
7. Denoyelle C, Brouard S, Legrand I, Quilichini Y (2001) La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 43-48.
8. Den Hertog-Meischke MJA, Smulders FJM, Houben JH, Eikelenboom G (1997). The effect of dietary vitamin E supplementation on drip loss of bovine Longissimus lumborum, psoas major and Semitendinosus muscles. *Meat Sci*, 45,153-160.
9. Faustman C, Chan WKM, Schaefer DM, Havens A (1998). Beef color update: the role for vitamin E. *J Anim Sci*, 76, 1019-1026.
10. Folch J, Lees M, Sloan-Stanley GH (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem*, 226,497-509.
11. Formanek Z, Kerry JP, Higgins FM, Buckley DJ, Morrissey PA, Farkas J (2001). Addition of synthetic and natural antioxidants to α -tocopheryl acetate supplemented beef patties: effects of antioxidants and packaging on lipid oxidation. *Meat Sci*, 58,337-341.
12. Garrido MD, Pedaury J, Ban SJ, Lopez B (1995). On-line methods for meat quality detection. *J Food Control*, 6,111-113.
13. Gatellier P, Hamelin C, Durand Y, Renner M (2001). Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Sci*, 59,133-140.
14. Gobantes I, Gomez R, Choubert G (2001). Envasado de alimentos Aspectos técnicos del envasado al vacío y bajo atmósfera protectora. *Alimentacion Equipos Tecnologia*, 1, 75-80.
15. Houben JH, Eikelenboom G, Hoving-Boling AH (1998). Effect of the dietary supplementation with vitamin E on colour stability and lipid oxidation in packaged, minced sheep. *Meat Sci*, 48,265-273.
16. Joo S, Kauffman R, Kim B, Kim CJ (1995). The relationship between color and water holding capacity on post rigor longissimus muscle. *J Muscle Foods*, 6,211-226.

17. Jensen C, Flensted-Jensen M, Skibsted LH, Bertelsen G (1998). Effects of dietary rape seed oil, copper(II) sulphate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled chops packed in atmospheric air or in a high oxygen atmosphere. *Meat Sci*, 50,211–221.
18. Lanari MC, Schaefer DM, Scheller (1995). Dietary vitamin E supplementation and discoloration of pork bone and muscle following modified atmosphere packaging. *Meat Sci*, 41,237–250.
19. Lund MN, Hviid MS, Skibsted LH (2007). The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage. *Meat Sci*, 76,226–233.
20. Millar S, Wilson R, Moss BW, Ledward DA (1994). Oxymyoglobin formation in meat and poultry. *Meat Sci*, 36,397-406.
21. Monahan FJ, Gray IJ, Asghar A, Haug A, Strasburg GM, Morrissey PA (1994). Influence of diet on lipid oxidation and membrane structure in muscle microsomes. *J Agr Food Chem* 42:59–63 (1994)30.
22. Nam KC, Du M, Jo C, Ahn DU (2001). Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time. *Meat Sci*, 58,431–435.
23. Nissen H, Sorheim O, Dainty R (1996). Effects of vacuum, modified atmospheres and storage temperature on the microbial flora of packaged beef. *Food Microbiol*, 13,183–191.
24. Norman D J (2005) Couleur de la viande de veau et de gros bovins. Note de synthèse bibliographique. Compte rendu final n°170532004, Institut de l’Elevage, INTERBEV, OFIVAL, Paris.
25. Park SW, Addis PB (1986). Identification and quantitative estimation of oxidized cholesterol derivatives in heated tallow. *J Agr Food Chem*, 34,653–659.
26. Priolo A, Micol D, Agabriel J (2001) Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.*, 50, 185-200.
27. Renerre M (1981) La couleur de la viande et sa mesure. *Viandes Prod. Carnés*, 2(5), 10-16.
28. Renerre M, Labadie J (1993) Fresh red meat packaging and meat quality. Proc. 39th ICoMST, Session 8, 361-387. Calgary, Canada.
29. Ruperez FJ, Martin D, Herrera E, Barbas C (2001). Chromatographic analysis of α -tocopherol and related compounds in various matrices. *J Chromatogr A*, 935, 45–69.
30. Schultzer AR, Miller MF, Jones DK, Meade MK, Ramsey CB, Patterson LL (1994). Effects of distribution packaging method and storage time on the physical properties and retail display characteristics of meat. *Meat Sci*, 37,257–269.
31. Sorheim O, Kropf DH, Hunt MC, Karwosky MT, Warren KE (1996). Effects of modified gas atmosphere packaging on beef loin colour, display life and drip loss. *Meat Sci*, 43,203–212.
32. Sorheim O, Nissen H, Nesbakken T (1999). The storage life of beef packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. *Meat Sci*, 52,157– 164.