

Relations entre caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles et qualités organoleptiques et nutritionnelles de la viande chez le Bouvillon recevant des rations supplémentées en huile de tournesol riche en AGPI n-6

D. DURAND, D. GRUFFAT-MOUTY, J.F. HOCQUETTE, D. MICOL, H. DUBROEUCQ, R. JAILLER, S.B. JADHAO, V. SCISLOWSKI, D. BAUCHART
INRA, Unité de recherches sur les Herbivores, URH, 63122 Saint-Genès-Champanelle

RESUME - Pour mieux répondre aux recommandations alimentaires pour l'Homme, les lipides de la viande des ruminants devraient être enrichis en acides gras polyinsaturés (AGPI). Notre étude vise à analyser, chez le Bouvillon à l'engraissement, les conséquences d'une supplémentation en matières grasses issues du tournesol riche en AGPI n-6 sur 1) les performances zootechniques, 2) les teneurs en lipides, AGPI et AGS des muscles *Longissimus thoracis* (LT) et *Rectus abdominis* (RA), 3) le niveau de peroxydation et les caractéristiques métaboliques de ces muscles, et 4) les propriétés organoleptiques de la viande.

Des bouvillons Charolais x Salers (453 jours; PV: 502 kg) ont été répartis en trois lots de 6 animaux. Ils ont reçu, pendant 70 jours, soit un régime témoin à base de foin (54 % MS) et d'aliment concentré (46 % MS), soit le même régime supplémenté par de l'huile de tournesol (4 % MS) apportée sous forme de graine aplatie ou sous forme d'huile infusée en continu dans le duodénum (« forme protégée ») en remplacement d'une quantité isoénergétique de céréales.

La vitesse de croissance faible (540 g/j) mais comparable pour les trois lots s'explique principalement par le mode de conduite des animaux où un apport isoénergétique a été privilégié à l'intérieur de chaque bloc (pair feeding). Le rendement en carcasse (68 %) et la teneur en dépôts adipeux (14 %) ne sont pas modifiés par les suppléments lipidiques. En revanche, l'infusion duodénale de l'huile élève en moyenne de 100 % la teneur en C18:2n-6 (AGPI majeur) pour les muscles RA et LT et de + 65 % le rapport AGPI/AGS. Ceci augmente la sensibilité des lipides à la peroxydation uniquement dans le LT.

L'apport d'huile modifie le métabolisme du RA, muscle oxydo-glycolytique, en réduisant l'activité de la lactate déshydrogénase et en augmentant celle de la β OH acyl-CoA-déshydrogénase. Les suppléments lipidiques ne modifient pas la tendreté ni la jutosité, mais augmentent la saveur (goût « métal ») dans les muscles RA et LT après 2 jours de maturation. On peut relier cette saveur au changement d'activités métaboliques des fibres (plus oxydatives) dans le cas du RA et à la teneur plus élevée en AGPI dans les deux types de muscles.

Relationships between biochemical and metabolic characteristics of muscles and organoleptic and nutritional quality traits of meat of steers fed diets supplemented with n-6 PUFA-rich sunflower oil

D. DURAND, D. GRUFFAT-MOUTY, J.F. HOCQUETTE, D. MICOL, H. DUBROEUCQ, R. JAILLER, S.B. JADHAO, V. SCISLOWSKI, D. BAUCHART
INRA, Unité de recherches sur les Herbivores, URH, 63122 Saint-Genès-Champanelle

SUMMARY - To meet recommended dietary allowances for humans, meat lipids of bovines should be enriched in polyunsaturated fatty acids (PUFA). The aim of this work was to determine, in fattening steers, the effects of lipid supplements from sunflower (rich in PUFA) on 1) animal performances, 2) lipids, PUFA and SFA contents of muscles *Rectus abdominis* (RA) and *Longissimus thoracis* (LT), 3) muscle lipid peroxidation level and metabolic properties, and 4) organoleptic quality traits of meat.

Charolais x Salers steers (453 days-old, BW: 502 kg, n= 18), were allotted in 3 groups of 6 animals. They were given, for 70 days, a control diet composed of hay (54% diet DM) and concentrate feed (46%), or the same diet supplemented with sunflower oil (4% diet DM) incorporated in the ration as crushed seed or infused directly into the proximal duodenum («a protected form»). Body weight gain was low (540 g/d) because of unfavourable rearing conditions, but similar for the 3 groups. Carcass yield (60%) and proportions of fat depots (14%) were not modified by lipid supplementations. However, duodenal oil infusion increased (+100%) significantly the C18:2n-6 (main PUFA) content of RA and LT muscles resulting in a 60% higher value of the ratio PUFA/SFA, and, a higher sensitivity of muscle lipids to peroxidation in LT muscle.

Sunflower oil infusion into duodenum altered specifically the metabolism of RA (an oxido-glycolytic muscle), characterized by a simultaneous decrease in the activity of lactate dehydrogenase (enzyme of glycolytic metabolism) and increase in that of β OH-acyl CoA dehydrogenase (enzyme of oxidative metabolism). Lipid supplementation did not modify significantly tenderness and juiciness of meat but led to an higher «metal» taste flavour in both RA and LT muscles after 2 days of maturation. This kind of flavour could result from both metabolic changes in muscle fiber activities towards an oxidative type (as noted in RA); and a higher PUFA content in the two muscles.

INTRODUCTION

Sur la base des recommandations nutritionnelles pour l'Homme, il apparaît souhaitable pour le consommateur que la viande bovine apporte moins d'acides gras saturés (AGS) à propriétés athérogènes (C14:0 et C16:0 principalement), mais plus d'acides gras polyinsaturés (AGPI) à propriétés hypocholestérolémiantes. Le but est d'élever le rapport AGPI/AGS de la viande bovine à 0,45 voire à 0,65 afin de répondre aux apports nutritionnels conseillés (Martin, 2001), alors qu'il est actuellement de l'ordre de 0,11 avec des rations conventionnelles. De nombreux travaux ont été entrepris pour étudier les effets de l'enrichissement des rations par des matières grasses (MG) sur les performances de croissance et sur les caractéristiques organoleptiques et diététiques des viandes (cf revue de Demeyer et Doreau, 1999). Cependant, l'enrichissement des lipides des muscles avec des MG riches en AGPI peut notablement modifier leurs caractéristiques métaboliques ainsi que leurs qualités organoleptiques, notamment en augmentant leur sensibilité à la peroxydation (Gandemer, 1997).

Notre étude vise donc à analyser les conséquences d'une supplémentation de la ration en MG issues du tournesol riche en AGPI n-6, apportées soit sous forme de graines (subissant les processus bactériens de lipolyse et de biohydrogénation des AGPI dans le rumen) incluses dans l'aliment soit son équivalent sous forme d'huile infusée directement dans le duodénum (simulant un apport en AGPI totalement protégés de la biohydrogénation ruminale) sur 1) les caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles, 2) les propriétés organoleptiques de la viande avant et après maturation.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. ANIMAUX ET ALIMENTS

Dix huit bouvillons Charolais x Salers (âge: 453 ± 20 jours, PV: 528 ± 36 kg en début d'expérimentation) ont été répartis en 3 lots recevant, pendant 70 jours, soit un régime témoin (T, n=6) à base de foin de prairie naturelle (54 % de la MS de la ration) et d'aliment concentré (46 % MS) composé de maïs grain (57,5 %), de tourteau de soja (24 %), de luzerne déshydratée (12 %), de mélasse de canne (2 %), d'urée (2,5 %) et d'un CMV (2 %), soit le même régime supplémenté par de l'huile de tournesol (4 % de la MS) apportée sous forme de graines aplaties (G, n=6) ou sous forme d'huile infusée en continu dans le duodénum proximal (H, n=6) en remplacement d'une quantité isoénergétique de céréales.

Les animaux étaient conduits par blocs successifs de 3 (1 animal par traitement) à même niveau d'ingestion sur la base d'un GMQ de 1,2 kg.

1.2. PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES

À l'abattage, différentes mesures ont été réalisées sur des muscles de type oxydo-glycolytique (*Rectus abdominis*, RA) ou glycolytique (*Longissimus thoracis*, LT) :

- 1) teneur en lipides et de leurs AG majeurs (AGPI et AGS),
- 2) degré de peroxydation (production de diènes conjugués),
- 3) activité antioxydante (superoxyde dismutase, SOD),
- 4) activité d'enzymes caractéristiques du métabolisme oxydatif ou glycolytique (citrate synthase, CS; β -hydroxy-acyl CoA déshydrogénase, HAD; lactate déshydrogénase, LDH),
- 5) caractéristiques organoleptiques (flaveur, jutosité, tendreté) de la viande après 2 et 14 jours de maturation.

1.3. ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats ont fait l'objet d'une analyse de variance à deux facteurs (effet « traitement » et effet « muscle » pour l'ensemble des variables), sauf pour les paramètres zootechniques dont les facteurs étaient « effet traitement » et « effet bloc ». L'interaction entre les facteurs n'étant pas significative pour aucune des variables mesurées n'est pas rapportée.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

La valeur de GMQ, non significativement différente entre les 3 lots, est par contre très largement inférieure à celle escomptée (540 vs 1200 g/j) (Tableau 1). Cette très faible croissance s'explique principalement par le choix d'un niveau d'alimentation en énergie identique pour les 3 animaux de chacun des blocs. Or ceci conduit à aligner les performances des animaux d'un même bloc à celles de l'animal le moins bien adapté aux contraintes expérimentales (stabilisation entravée, stress fréquents liés aux prélèvements sanguins, faible densité énergétique de la ration) réduisant ainsi les performances du bloc.

Tableau 1
Effets des suppléments lipidiques sur les performances des animaux, le rendement et les dépôts adipeux des carcasses

Lot	Paramètres zootechniques		Paramètres à l'abattage		
	UFV tot ingérées	GMQ (g/j)	poids carcasse (kg)	rend ^l carcasse (%)	dépôts adip ^{tot} (%)
Témoin	406	620	332	66,5	13,9
Graine	408	520	346	69,0	12,9
Huile	409	490	348	67,6	14,0
SEM	15	70	6	3,6	0,6
Effets	bloc	0,001	NS	0,05	NS
	trait.	NS	NS	NS	NS

En revanche, le rendement de carcasse mesuré à l'abattage est satisfaisant (64 % en moyenne) avec un niveau de dépôt adipeux total moyen de 13 % sans que l'on mette en évidence des effets liés aux traitements nutritionnels (Tableau 1). Des études précédentes avaient montré que l'incorporation de MG dans l'aliment augmentait l'état d'engraissement et les performances des animaux (Clinquart et al, 1995) ce qui n'est pas le cas dans cette expérimentation, vraisemblablement suite au mode de conduite des animaux (très faible GMQ) et à l'apport plus faible en lipides dans la ration.

2.2. CARACTÉRISTIQUES LIPIDIQUES DES MUSCLES

L'apport de 4 % de MG sous forme de graine ou d'huile de tournesol n'a pas entraîné d'effets significatifs sur la quantité de lipides déposés dans les muscles RA et LT (légère diminution dans le lot graine) (Tableau 2), cette absence d'effet pouvant vraisemblablement être en partie attribuée à la faible vitesse de croissance des animaux. Cependant, deux études récentes (Tefsa et al, 1992 ; Schwarz et al., 1993) rapportent des résultats similaires même dans le cas de croissances supérieures à celle de cette étude.

L'apport de MG sous forme de graines entraîne un enrichissement en AGPI uniquement dans le muscle oxydo-glycolytique (RA). Quelques études antérieures montrent également un faible enrichissement (+ 10 % à + 15 %) en AGPI avec des apports de graines de tournesol et de lin, même avec des niveaux d'apport en MG dans la ration très supérieurs (6 à 12 % MS ; Garrett et al., 1976). En revanche, notre apport en huile par infusion duodénale, bien qu'à un niveau beaucoup plus faible (4 % MS), entraîne une très forte augmentation en C18:2n-6 (+ 102 %) pour les deux muscles RA et LT. Cette augmentation, beaucoup plus marquée que celles rapportées dans la bibliographie (Bock et al, 1991 ; Clinquart et al., 1995), s'explique par l'absence de processus de biohydrogénation des AGPI dans l'intestin et probablement par une grande efficacité d'absorption. Il entraîne une élévation du rapport AGPI/AGS de + 65 % ($P < 0,01$) (Tableau 2).

Tableau 2

Effets d'un apport en huile de tournesol sous forme de graine ou infusée dans le duodénum sur la teneur et la composition en lipides des muscles, leur degré de peroxydation, ainsi que sur l'activité d'enzymes caractéristiques du potentiel anti-oxydants (SOD) ou de l'activité métabolique des fibres (citrate synthase, CS; β -hydroxy-acyl CoA déshydrogénase, HAD; lactate déshydrogénase, LDH)

Lot	Muscles	Paramètres lipidiques			Paramètres de peroxydation		Activités métaboliques des fibres (micromoles/mm/g tissu)		
		Lipides (mg/g MS)	C18:2 n-6 (% AG tot)	AGPI/AGS	Diènes (mmoles/g tissu)	SOD (AS/mg tissu)	CS	HAD	LDH
Témoin		75.3	5.5 ^a	0.14 ^a	0.97 ^a	9.13	6.5 ^{ab}	1.82 ^a	904 ^a
Graine	RA	57.0	7.9 ^a	0.20 ^b	0.55 ^b	8.51	7.8 ^a	1.65 ^a	840 ^a
Huile		80.0	10.9 ^b	0.22 ^b	1.08 ^a	7.91	6.1 ^b	2.11 ^b	733 ^b
SEM		3.8	0.6	0.01	0.06	0.53	0.5	0.0	31
Témoin		66.7	5.5 ^a	0.13 ^a	0.57 ^a	7.52	7.9	1.61	1035
Graine	LT	58.6	5.7 ^a	0.13 ^a	0.48 ^a	7.47	8.7	1.63	1087
Huile		67.1	10.4 ^b	0.21 ^b	0.94 ^b	7.61	8.6	1.97	1018
SEM		3.1	0.3	0.01	0.06	0.38	0.3	0.08	29

Des lettres différentes sur une même colonne et pour un même muscle indiquent une différence significative à 1%

Cependant, cet enrichissement en AGPI observé dans les 2 types de muscle du lot huile entraîne une augmentation du degré de peroxydation des lipides seulement dans le LT, cette différence entre muscles ne pouvant être attribuée à une différence en facteurs antioxydants mesurée par l'activité de la SOD (enzyme de protection vis-à-vis de la lipoperoxydation) qui est la même quelque soit le régime ou le muscle considéré.

2.3. CARACTÉRISTIQUES MÉTABOLIQUES DES MUSCLES

Les mesures d'activité des enzymes du muscle RA montrent que dans le lot huile, la LDH (caractéristique du métabolisme glycolytique) est fortement réduite ($P < 0,01$) alors que celle de la HAD (enzyme mitochondriale, caractéristique du catabolisme oxydatif des AG longs) est significativement ($P < 0,01$)

augmentée (Tableau 2). Par contre, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence dans le muscle LT. Il semble donc que, dans nos conditions expérimentales (faible niveau d'ingestion des animaux), seul l'apport d'AGPI soit capable de modifier le métabolisme des muscles et particulièrement les muscles oxydatifs. Ces observations sont en accord avec des travaux récents indiquant que les muscles oxydatifs sont les plus sensibles aux conditions nutritionnelles des animaux (Jurie et al., 2000)

2.4. CARACTÉRISTIQUES ORGANOLEPTIQUES DES VIANDES

Les valeurs de tendreté et de jutosité, déterminées par un jury entraîné de dégustateurs, n'ont pas été modifiées par les suppléments lipidiques (Tableau 3). D'après la bibliographie, la

Tableau 3

Effets d'un apport en huile de tournesol sous forme de graine ou infusée dans le duodénum sur les qualités sensorielles des muscles après 2 (J2) ou 14 (J14) jours de maturation

Lot	Muscle	J2				J14			
		Tendreté	Jutosité	Flaveur		Tendreté	Jutosité	Flaveur	
				typique	métal			typique	métal
Témoin		4.59	4.41	4.26	0.68 ^a	5.32	4.06	3.16	0.53
Graine	RA	4.65	4.77	4.82	1.10 ^b	5.33	4.88	3.64	0.91
Huile		4.60	4.49	4.14	1.00 ^b	5.02	3.93	3.09	0.46
SEM		0.35	0.33	0.31	0.12	0.44	0.36	0.14	0.12
Témoin		5.04	4.90	5.01	1.03 ^a	6.22	5.03	4.05	0.70
Graine	LT	5.09	5.70	5.03	1.80 ^b	5.77	5.60	4.92	1.04
Huile		5.52	5.36	5.02	1.15 ^b	6.17	5.22	4.76	0.61
SEM		0.29	0.24	0.21	0.19	0.34	0.26	0.31	0.14
Effets	trait ¹	NS	NS	NS	0.001	NS	(0.06)	NS	(0.06)
	muscle	NS	NS	NS	(0.06)	NS	0.04	0.03	NS

Des lettres différentes sur une même colonne et pour un même muscle indiquent une différence significative à 1%

tendreté est principalement affectée par la teneur en lipides des muscles et par la vitesse de croissance des animaux (Clinquart et al., 1991). Ces deux paramètres inchangés avec nos traitements, expliquent donc logiquement l'absence d'effets significatifs sur la tendreté. La jutosité, très complexe à évaluer, reste très subjective. Les relations existantes entre jutosité et teneur en lipides n'ont été mises en évidence qu'au niveau du muscle semitendinosus parmi dix muscles majeurs étudiés (Browning et al., 1990). Ceci expliquerait l'absence d'effets spécifiques sur les muscles LT et le RA dans cette étude.

En revanche, il apparaît une saveur particulière (goût « métal ») dans les muscles RA et LT, pour la totalité des animaux recevant les suppléments lipidiques (lots G et H) ($P < 0,001$) après 2 jours de maturation (J2), cette caractéristique n'étant plus significative à J14. En ce qui concerne le RA on peut relier cette saveur au changement d'activités métaboliques des fibres (plus oxydatives) et/ou à la teneur plus élevée en AGPI (fortement impliqués dans les différentes saveurs), ces relations étant plus difficiles à mettre en évidence dans le cas du LT

3. CONCLUSION

Cette étude a permis de comparer l'effet d'une supplémentation en huile de tournesol, riche en C18:2 n-6, apportée soit sous forme de graine non protégée de la biohydrogénation du rumen soit complètement protégée par infusion duodénale sur les caractéristiques qualitatives et métaboliques de muscles. Le schéma expérimental adopté ne nous a pas permis cependant de mettre en évidence des effets marqués sur les performances zootechniques des animaux, ni sur la composition de la carcasse.

Par contre, il a été clairement établi que l'apport d'AGPI, complètement protégés de la biohydrogénation ruminale, à un niveau même modéré (4 % de la MS), pouvait après 70 jours de traitement, marquer très significativement la composition en AG du muscle ainsi que son activité métabolique, en favo-

risant fortement l'incorporation des AGPI (notamment le C18:2 n-6) au détriment des AG saturés. L'élévation du rapport AGPI/AG saturés améliore donc la valeur santé de la viande pour le consommateur. Cependant, les résultats montrent que le dépôt accru d'AGPI dans les tissus pour le lot huile augmente en même temps le risque potentiel de peroxydation des lipides dans les muscles glycolytiques et posent donc avec acuité la question de l'efficacité de protection des AGPI vis-à-vis de la peroxydation par des agents antioxydants apportés par la ration (ex. vitamine E) ou présents dans les tissus (enzymes antioxydantes, composés antioxydants associés aux dépôts lipidiques).

REMERCIEMENTS

Nous remercions Y. Lebreton (INRA Rennes) pour son aide précieuse lors des interventions chirurgicales ainsi que toute l'équipe de l'Installation Expérimentale Bovins (URH, Theix) et plus particulièrement S. Rudel, P. Faure et D. Chassaing pour la qualité de leur contribution à la conduite des animaux.

- Bock B. J., Harmon D. L., Brand R. T., Schneider J. E., 1991. *J. Anim. Sci.*, 69, 2211-2224
- Browning M. A., Huffman D. L., Egbert W. R., Jungst S. B., 1990. *J. Food Sci.*, 55, 9-14
- Clinquart A., Micol D., Brundseaux C., Dufrasne I., Istasse L., 1995. *INRA Prod. Anim.*, 8(1), 29-42
- Demeyer D., Doreau M., 1999. *Proc. Nutrition Soc.*, 58, 593-607
- Gandemer G., 1997. *Oléagineux-Corps gras-Lipides*, 4, 19-25
- Garret W. N., Yang Y. T., Dunkley W. L., Smith L. M., 1976. *J. Anim. Sci.*, 42, 1522-1533
- Jurie C., Bauchart D., Listrat A., Picard B., Giraud X., Dozias D., Jailler R., Geay Y., Hocquette J.F., 8^{ème} JSMTV, 59-64
- Martin A., 2001. *CNERNA-CNRS, Eds TEC and DOC*; 67-82
- Schwarz F. J., Kirchgessner M., Augustini C., 1993. *Zuchtungs-kunde*, 65, 28-37
- Tesfa A. T., Tuori M., Syrjalaqvist L., 1992. *Agric. Sci. Finl.*, 1, 267-278