SCIENCES DES ALIMENTS, 13(1993) 189-199

CARACTÉRISTIQUES DE LA CHAIR DE LA TRUITE ARC EN CIEL :

2. COMPOSANTES PHYSIQUES ET SENSORIELLES

CHARACTERISTICS OF RAINBOW TROUT FLESH :

2. PHYSICAL AND SENSORY ASPECTS

B. FAUCONNEAU, Jamila CHMAITILLY, Sylvie ANDRÉ (1), Mireille CARDINAL, Josiane CORNET, J.L. VALLET (2), J.P. DUMONT, M. LAROCHE (3)

RÉSUMÉ

Certaines caractéristiques physiques (couleur et texture) et sensorielles de la chair de la truite arc en ciel ont été évaluées. La chair de la truite arc en ciel alimentée avec un aliment non supplémenté en pigments caroténoïdes est peu colorée. Elle se caractérise également par une texture peu ferme et légèrement élastique. Les autres caractéristiques de la chair de la truite de taille commercialisable : odeur, goût, impression de gras sont faibles. Il s'agit donc d'un produit relativement neutre. Sous l'effet de modifications des *paramètres environnementaux* (température, courant), la rétention d'eau et la texture évaluée de manière instrumentale et sensorielle sont modifiées. L'analyse des relations entre les caractéristiques physiques et la composition chimique montre que les lipides jouent un rôle sur la texture du produit cru mais pas sur le produit cuit.

Mots clés : *poisson, chair, qualité, muscle, lipide.*

SUMMARY

Some results on physical and sensory characteristics of the flesh of rainbow trout are reported. When fish was fed a diet not supplemented with carotenoid pigments, the color of the flesh was pale. The texture of the flesh of the trout assessed by physical and sensory tests was not tough and slightly elastic. The other parameters : smell, flavor or fat taste were low. Thus the flesh of

(1) Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire de Physiologie des Poissons, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France.
(2) Division de Valorisation des Produits, IFREMER, rue de l'île d'Yeu, BP 1049, 44037 Nantes Cedex 01, France.
(3) Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire d'Etude des Interactions des Molécules Alimentaires, rue de la Géraudière, BP 527, 44026 Nantes Cedex 03, France.

rainbow trout is a rather neutral product. Texture of flesh assessed by instrumental methods and sensory evaluation was modified significantly by environnemental factors (temperature, water flow rate). Analysis of relationships between chemical composition and texture showed that lipid content affected texture of raw product but not that of cooked product.

Key-words : *fish, flesh, quality, muscle, lipids.*

1 - INTRODUCTION

Les poissons d'élevage sont commercialisés dans les 48 h qui suivent leur abattage. La qualité de la chair (aspect, texture, odeur, saveur) dépend donc essentiellement des caractéristiques intrinsèques de la chair, alors que, pour les produits issus de la pêche stockés quelques jours dans la glace avant commercialisation, la qualité est déterminée avant tout par l'état de fraîcheur.

L'appréciation de l'aspect de la chair est conditionnée chez les salmonidés en grande partie par sa couleur. Il est bien établi que la couleur de la chair est dépendante des pigments caroténoïdes apportés par l'alimentation sous forme d'astaxanthine ou de canthaxanthine (TORRISSEN, 1985). La capacité de fixation des pigments caroténoïdes et leur stabilité présentent toutefois une variabilité individuelle dont le déterminisme (génétique ou environnemental) doit être analysé.

Comme pour la viande, les caractéristiques physiques de la chair des poissons (texture et rétention d'eau) et leur appréciation sensorielle sont dépendantes de l'organisation macroscopique de la chair et des macromolécules présentes dans les tissus qui composent la chair. L'organisation en feuillets musculaires séparés par du tissu conjonctif est spécifique de la chair des poissons. La tenue globale de la chair crue ou cuite est donc dépendante de l'interaction entre la contraction *post-mortem* des composants myofibrillaires des muscles et de la résistance du collagène (DUNAJSKI, 1976). Par contre, compte tenu de la faible teneur en collagène dans la chair des poissons, ce sont plus les composants myofibrillaires et notamment l'actomyosine qui peuvent expliquer les caractéristiques physiques fines de la chair des poissons (AUTIO *et al.*, 1989). Compte tenu du peu d'études se rapportant à la texture des poissons d'élevage, il n'est pas possible d'analyser le déterminisme de la variabilité de la texture.

Si les odeurs ou saveurs négatives de la chair des poissons ont pu être associées à la présence de composés spécifiques ou à des pollutions accidentelles par des hydrocarbures, il existe en revanche peu d'informations relatives aux molécules responsables des odeurs et saveurs spécifiques des poissons d'élevage. Chez le poisson chat, une relation entre la nature des matières premières protéiques présentes dans l'aliment et l'appréciation sensorielle de la chair a été établie (JOHNSEN, 1989). Chez les salmonidés, il a été démontré récemment que les caroténoïdes et leurs produits de dégradation dans la chair conditionnent l'appréciation sensorielle de l'odeur et de la saveur (JOSEPHSON

et al., 1991). L'appréciation sensorielle de la chair des poissons d'élevage reste donc relativement descriptive et, dans le cas de la truite d'élevage de taille portion, il existe peu d'études si l'on excepte les études d'image du produit (GABRIEL, 1990).

Nous avons évalué dans ce travail certaines caractéristiques physiques et sensorielles de la truite arc en ciel de taille commerciale et leur variabilité en fonction des conditions d'élevage (température, courant). Ces données sont confrontées aux caractéristiques chimiques et histologiques de la chair décrites dans un autre article (FAUCONNEAU *et al.*, 1993).

2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Origine des poissons

L'origine des poissons ainsi que les différentes expériences qui ont été mises en place sur les effets de facteurs environnementaux et de l'alimentation sont décrites dans un article précédent (FAUCONNEAU *et al.*, 1993). Les expériences dont les résultats sont analysés en détail dans le présent article visent à évaluer :

- l'effet de la température d'élevage : des poissons d'une même cohorte sont élevés à partir du 8e mois et pendant 8 mois soit à 8 °C (Lees-Athas) soit à 18 °C (Donzacq) ;
- l'effet d'un courant modéré : des poissons de la même cohorte sont élevés pendant 5 semaines dans un courant modéré (1à 1,5 Longueur de poisson/s) comparés à un témoin sans courant (< 0,1 L/s) ;
- l'effet d'un courant fort : des poissons de la même cohorte sont élevés pendant 5 et 7 mois dans un courant fort (2 à 3 L/s) comparés à un témoin sans courant (< 0,1 L/s) ;

Le filetage des poissons est réalisé soit immédiatement après abattage soit après résolution de la *rigor* (> 48 h). Les mesures de couleur et de texture ainsi que les évaluations sensorielles ont lieu 2 à 4 jours après l'abattage.

2.2 Mesures réalisées

Les composantes L*, a*, b* de la couleur CIE (1976) sont mesurées sur la partie interne du filet par réflectance grâce à un appareil COLOR DR LANGE.

La texture est évaluée soit par des tests de résistance à la compression entre guides dans une cellule analogue à celle décrite par KAMOUN et CULIOLI (1987) (rhéomètre INRA SERT), soit par des test de résistance à des déformations plus complexes dans une cellule dite de KRAMER (rhéomètre INSTRON).

L'évaluation sensorielle des caractéristiques de la chair est réalisée par des jurys de dégustation INRA (Nantes) et IFREMER (Nantes) de 20 à 24 personnes.

2.3 Analyses statistiques

La signification des différences observées est testée par analyse de variance, à une ou deux voies (logiciel STATGRAPHICS) selon le protocole expérimental. Les différences deux à deux sont testées par un test t de Student.

3 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractéristiques de base de la chair

La *couleur* de la chair des poissons nourris avec des régimes non supplémentés en pigments caroténoïdes (astaxanthine ou cantaxanthine) est peu intense. La teinte est souvent jaune et seulement légèrement rose pour les truites portions *(fig. 1)*. Il existe une forte variabilité entre les poissons d'un même lot sur la teinte rose mais nous n'avons pas pu analyser les raisons de cette variabilité (teneur en lipides ?). Les paramètres environnementaux affectent peu l'intensité et la teinte de la coloration ; par contre, des différences dans la composition des aliments (type de matière première) affectent fortement la teinte rose *(fig. 1)*, ce qui confirme le rôle important de l'alimentation dans le déterminisme de la coloration de la chair des salmonidés (TORRISSEN, 1985).

L'étude de la *texture* par des tests de résistance à la compression montre que la chair de la truite arc en ciel est plus tendre que celle d'autres poissons d'eau douce : carpe, silure et saumon de fontaine *(tabl. 1)*, cela étant confirmé par un test de dégustation effectué par un jury composé de membres du Syndicat de la Haute Cuisine Française.

Tableau 1

Caractéristiques physiques et sensorielles (notation/12) de différentes espèces d'eau douce de taille commercialisable

Table 1

Physical and sensory characteristics (note/12) of different fresh water species at commercial size

	Force Max Cru (N)	Force dmin Cuit (N)(1)	Evaluation Sensorielle Moelleux	Lipides (%)
Carpe commune	36,4	7,2	8,3	1,9
	(2,2)	(2,0)	(2,0)	(0,6)
Carpe argentée	31,4	6,5	5,4	3,5
	(0,4)	(3,3)	(1,9)	(1,8)
Silure	34,0	11,5	4,9	5,0
	(0,9)	(3,3)	(3,4)	–
Saumon de fontaine	34,3	8,4	6,6	2,8
	(3,4)	(3,7)	(3,2)	(1,4)
Truite AEC	25,4	5,1	8,2	4,7
	(5,9)	(1,1)	(3,0)	(0,7)

(1) Force maximale au premier plateau (dérivée minimale) de la compression des échantillons cuits
( ) Ecart-type

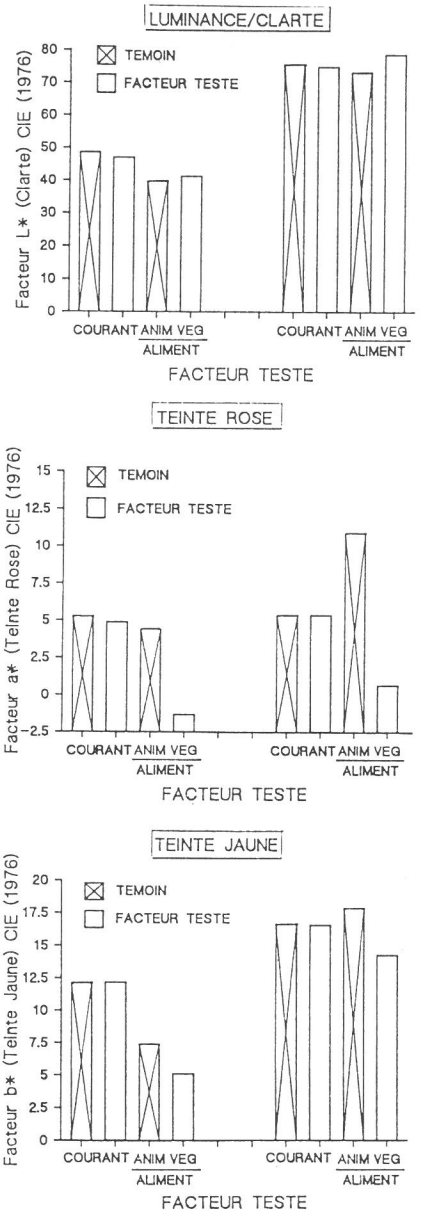


Figure 1

Variabilité des composantes physiques de la couleur de la chair chez la truite arc en ciel de taille portion alimentée avec un régime non supplémenté en pigment caroténoides. Effet de la nage forcée dans un courant et effet des composants protéiques de la ration (farine de poisson ou tourteau de soja)

Variability of physical components of color of the flesh of rainbow trout fed on a diet non-supplemented with carotenoid pigments. Effect of force swimming and dietary protein source (fish meal or soya meal)

Les résultats rapportés font apparaître sur les filets cuits une première rupture observée pour des forces de compression faibles comparées aux échantillons crus (JOHNSON *et al.*, 1980). Il pourrait s'agir de la rupture de la trame conjonctive qui entoure les feuillets musculaires (MONTERO et BORDERIAS, 1989).

Au-delà de cette première phase, la résistance à la compression des échantillons augmente avec la température de cuisson *(fig. 2)*. Toutefois l'augmentation est peu importante aux faibles températures de cuisson (20 à 50 °C), ce qui pourrait être relié à une transition dans le comportement du complexe actomyosine pour les faibles températures de cuisson (AUTIO *et al.*, 1989).

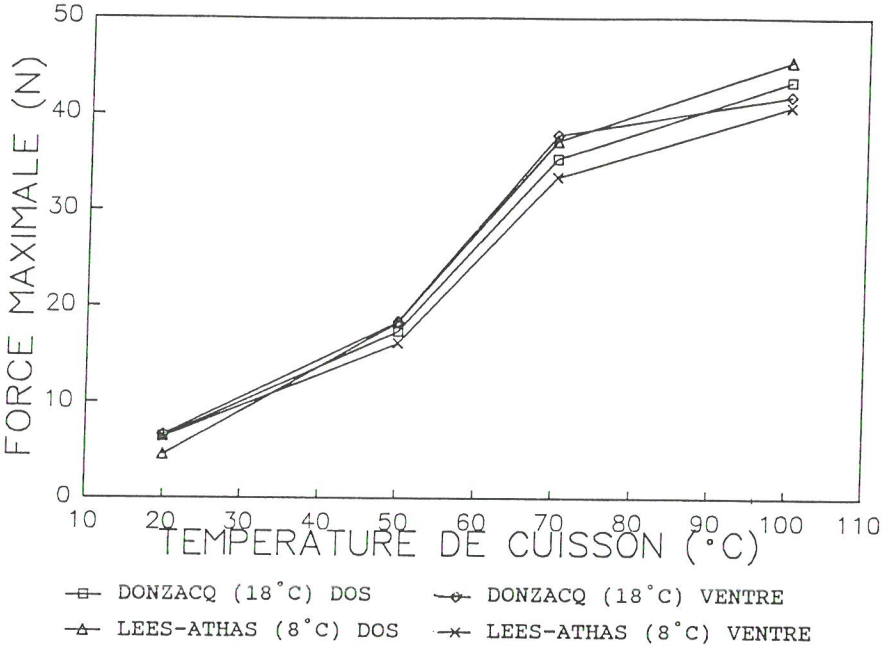


Figure 2

Effet de la température de cuisson sur la force maximale de rupture lors de la compression entre guides d'un échantillon de chair de truite arc en ciel de taille portion. Effet de la température d'élevage et de la position de l'échantillon dans le filet (dorsal ou ventral)

Effect of cooking temperature on maximal breaking force in a compression test for a sample of pan-size rainbow trout flesh. Effect of rearing temperature and localization of sample in the fillet (dorsal or ventral)

Une *évaluation sensorielle* type réalisée sur les parties dorsales et ventrales du filet de truite arc en ciel alimentées avec des régimes sans pigments caroténoïdes montre qu'il s'agit d'un produit relativement neutre : peu de couleur, d'odeur et de saveur et texture peu ferme, peu élastique *(fig. 3)*. La couleur est toutefois répartie de façon très homogène et l'aspect de la chair est jugé très serré. L'importance de la coloration par l'alimentation ou le dévelop-

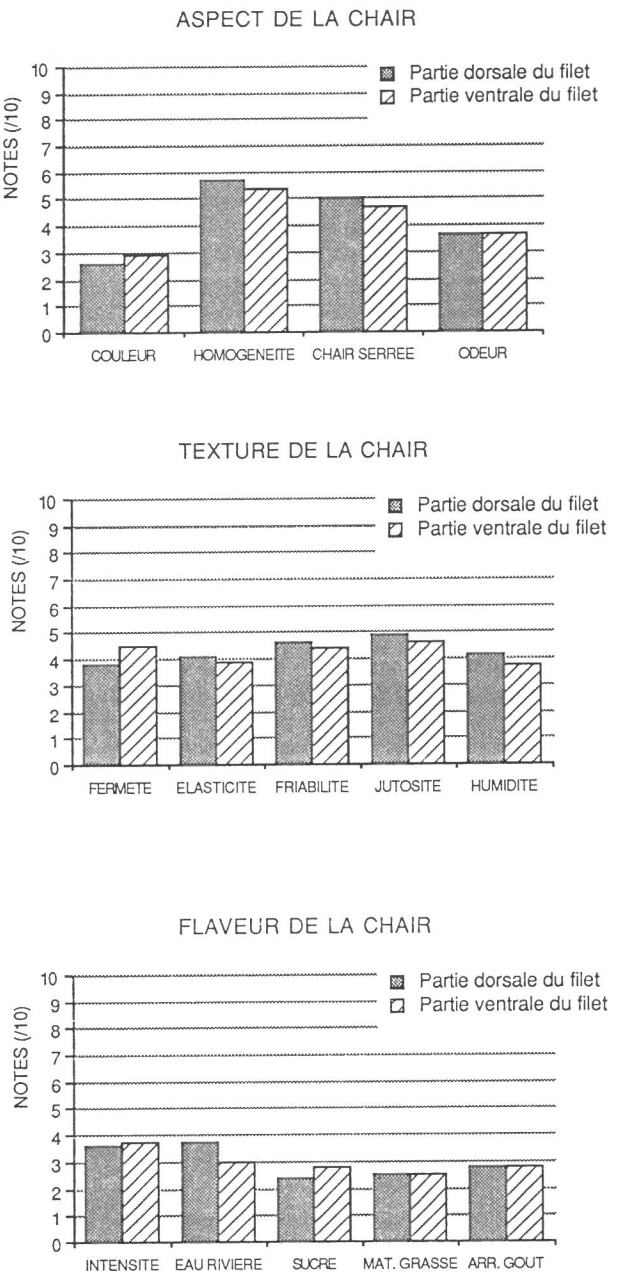


Figure 3

Profil sensoriel de chair de la truite arc en ciel de taille portion. Différence entre la partie dorsale et ventrale du filet

Sensory profile of pan-size rainbow trout flesh. Differences between dorsal and ventral parts of the fillet

pement de goûts spécifiques jugés négatifs (odeur ou goût de vase) est donc très important dans un profil sensoriel assez neutre. La faible impression de gras associée à l'impression de jutosité et d'humidité indiquent également que les caractéristiques de ce produit sont dominées par les composants du muscle et notamment les protéines myofibrillaires. Les résultats d'évaluation sensorielle de la chair des salmonidés disponibles dans la bibliographie se réfèrent soit à tests de dégustation de salmonidés de grande taille (saumon) (MAGNUSSEN et ROSJO, 1989) soit, lorsqu'ils portent sur la truite arc en ciel de taille portion, à des évaluations orientées essentiellement sur les lipides et leur état d'oxydation (BOGGIO *et al.*, 1985, FRIGG *et al.*, 1990). L'étude plus exhaustive de l'aspect, de l'odeur, de la saveur et de la texture n'a pas été rapportée spécifiquement à ce jour.

3.2 Effet de la température d'élevage et du courant

Les truites élevées à une *température* froide (8 °C) ont des teneurs en lipides de la chair plus importantes que les truites élevées à une température chaude (18 °C), la taille des adipocytes des tissus adipeux sous cutanés variant dans le même sens *(tabl. 2)*.

Tableau 2

Evaluation physique et sensorielle des caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel de 280 g élevée à deux températures différentes

Table 2

Physical and sensory assessment of characteristics of the flesh of 280 g rainbow trout reared at two different temperatures

Paramètres	Température 8 °C		18 °C	
Etat d'engraissement				
Viscères (% poids)	10,1	(1,5)	5,1	(0,7)**
Lipides (% poids)	4,7	(1,0)	2,3	(1,0)**
Diamètre Fibres ou Cellules				
Muscle blanc (µm)	51,6	(5,9)	45,8	(5,4)**
Tissus adipeux abdominal (µm)	41,6	(5,6)	35,3	(3,6)*
Texture Filet Cru				
Pente résistance compression (N/mm2/mm)	1,49	(0,29)	1,64	(0,21)
Elasticité (temps de relaxation en s)	15,3	(5,0)	20,0	$(10,0)^{ns}$
Evaluation sensorielle (/10)				
Couleur	5,3	(2,5)	3,1	$(2,8)^{ns}$
Fermeté cru	4,7	(2,4)	5,6	(2,5)*
Moelleux cuit	5,1	(2,5)	6,3	(2,8)*
Chair serrée cuit	5,6	(1,4)	4,1	(1,5)**
Friabilité cuit	4,2	(1,8)	4,8	(1,6)*

*, ** : différence entre les lots significativement différente (* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$)
( ) Ecart-type des mesures

La texture évaluée sur le produit cru par des méthodes physiques ou sensorielles est plus molle et moins élastique sur les poissons élevés à basse température, ce qui est cohérent avec des teneurs en lipides plus élevées.

Toutefois, sur le produit cuit, la chair des poissons élevés à basse température est jugée plus ferme, plus élastique et moins friable que celle des poissons élevés à haute température. La taille des fibres musculaires étant plus grande chez les poissons élevés à basse température, le comportement du produit cuit peut donc être attribué aux composants myofibrillaires. Les études spécifiques sur le muscle montrent non seulement que la thermostabilité des protéines myofibrillaires varie avec la température d'acclimatation mais que d'autres fractions (protéines sarcoplasmiques, fractions mitochondriales) peuvent être aussi affectées (JOHNSTON, 1982). Ces modifications sont susceptibles de modifier le comportement rhéologique de la chair.

L'effet d'un *courant modéré* (1 Longueur/s) stimule rapidement la croissance (5 semaines) mais n'a aucune conséquence, pour des périodes de temps aussi courtes, sur les caractéristiques chimiques, histologiques et sensorielles de la chair.

Un *courant* plus *important* (2 à 3 Longueur/s) déprime la croissance, sans que cela change de manière significative la teneur en lipides *(tabl. 3)*. Les caractéristiques des tissus musculaires et adipeux (diminution de la taille des fibres et des cellules adipeuses) sont affectées significativement 7 mois après le début du traitement, ces résultats étant partiellement en concordance (diminution de la taille des fibres du muscle rouge) avec ceux observés sur le saumon par TOTLAND *et al.* (1987). La texture de la chair des poissons soumis à un exercice, évaluée par des mesures physiques (presse de KRAMER) et sensorielles, est moins ferme et présente moins de cohésion que celle des poissons témoins sans courant, mais ces différences ne sont pas toujours significatives. Les modifications de distribution de taille des fibres du muscle mais aussi de capacité oxydative du muscle sous l'effet de l'exercice (JOHNSTON, 1982) peuvent expliquer les changements de comportement rhéologique.

Dans l'expérience sur l'effet d'un courant fort, l'analyse des relations entre les caractéristiques étudiées montrent que la variabilité de la texture du produit cru est partiellement indépendante de celle du produit cuit. Certaines composantes de la texture du produit cru (résistance à l'extrusion) sont conditionnées par la teneur en lipides de la chair, mais la texture du produit cuit est indépendante de la teneur en lipides.

4 - CONCLUSION

La chair de la truite arc en ciel de taille portion et filet portion est relativement neutre du point de vue couleur, odeur et goût. Ceci est peut être en partie la conséquence de sa faible teneur en lipides. La texture de ce produit est ferme et sèche. La chair contient peu de collagène ; ce sont donc les compo-

sants myofibrillaires qui conditionnent directement (taille des fibres musculaires) ou indirectement (capacité de rétention d'eau) la texture de la chair. En conséquence, des modifications même faibles des paramètres de couleur (pigmentation par l'alimentation) ou de flaveur (odeur, goût de vase et de poisson) sont détectés.

Tableau 3

Paramètres morphométriques et composition chimique de la chair de la truite arc en ciel soumise à un exercice. Résultats acquis après 5 et 7 mois d'expérience

Table 3

Morphometric parameters and chemical composition of the flesh of rainbow trout submitted to force-swimming exercice. Data obtained after 5 and 7 months of experiment

Traitement	Témoin (< 0,1 L/s)		Courant (2 à 3 L/s)	
Poids (g)	347	(41)	317	(33)**
Lipides (%)	4,1	(0,9)	3,8	$(1,1)^{ns}$
Collagène Thermosoluble (%)	0,10	(0,02)	0,12	(0,04)*
Diamètre Fibres ou Cellules en µm (7 mois d'expérience)				
Muscle rouge	24,4	(4,9)	18,9	(2,6)*
Muscle blanc	44,5	(5,1)	41,8	(5,4)
Tissus adipeux dorsal	46,0	(11,6)	39,0	(7,9)*
Evaluation Physique				
Couleur L* cru	48,2	(1,8)	47,8	(1,0)*
Rendement cuisson (%)	76,0		78,0*	
F max compression (N)				
cru	580	(70)	520	(40)
cuit	970	(140)	850	(100)
Travail (J)				
cru	3 200	(400)	2 800	(400)*
cuit	4 200	(600)	3 700	(800)*
Evaluation sensorielle Cuit (/10)				
Aspect cohésion	5,7	(1,7)	4,9	(2,0)*
Aspect gras	3,3	(1,7)	2,9	(1,7)*
Texture fermeté	3,7	(1,7)	2,1	(1,2)**
Texture cohésion	4,0	(1,8)	2,3	(1,5)**
Humidité	5,2	(1,3)	6,0	(2,0)*

*, ** : différence entre les lots significativement différentes (test t Student * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$)
( ) Ecart-type des mesures

L'effet des facteurs d'élevage sur les caractéristiques de la chair est assez complexe car de grandes différences de composition chimiques, liées à la température d'élevage par exemple, ont peu de répercussion sur la flaveur et la texture. Des modifications plus complexes liées à l'exercice imposé aux poissons ont par contre des conséquences sur la texture.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du MRT dans le cadre du programme Sources Alimentaires 89-G-0214 et de l'INRA dans le cadre du programme AGROBIO.

Manuscrit reçu le 10 décembre 1991, accepté le 27 octobre 1992.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUTIO K., KIESVARRA M., POLVINEN K., 1989. Heat-induced gelation of minced raibow trout *(Salmo gairdneri)*. Effect of pH, sodium chloride and setting. *J. Food Sci.*, **54**, 805-810.

BOGGIO S.M., HARDY R.W., BABBITT J.K., BRANNON E.L., 1985. The influence of dietary lipid source and alpha-tocopherol acetate level on product quality of rainbow trout *(Salmo gairdneri)*. *Aquaculture,* **51**, 13-24.

DUNAJSKI E., 1976. Texture of fish muscle. *J. Text. Stud.,* **10**, 301-318.

FRIGG M., PRABUCKI A.L., RUHDEL E.U., 1990. Effect of dietary vitamin E in oxidative stability of trout fillets. *Aquaculture,* **84**, 145-158.

FAUCONNEAU B., CHMAITILLY J., ANDRE S. CARDINAL M., CORNET J., VALLET J.L., DUMONT J.P., LAROCHE M., 1993. Caractéristiques de la chair de la truite arc en ciel. I Composition chimique et cellularité du muscle et des tissus adipeux. *Sci. Aliments*, **13**, 173-187.

GABRIEL R., 1990. Une étude de marché de la truite portion en Europe, *Piscic. Fr.*, **102**, 4-100.

JOHNSEN P.B., 1989. Factors influencing the flavor quality of farm-raised catfish. *Food Technol.*, **94**, 94-97.

JOHNSON E.A., SEGARS, R.A., KAPSALIS J.G., NORMAND M.D., PELEG M., 1980. Evaluation of the compressive deformability modulus of fresh and cooked fish flesh. *J. Food Sci.*, **45**, 1318-1322.

JOHNSTON I.A., 1982. Physiology of muscle in hatchery raised fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, **73**, 105-124.

JOSEPHSON D.B., LINDSAY R.C., STUIBER D.A., 1991. Volatile carotenoid-related oxidation contributing to cooked salmon flavor. *Food Sci. Technol.*, **24**, 424-432.

KAMOUN M., CULIOLI J., 1987. Mechanical behaviour of cooked meat under sinusoidal compression. *J. Text. Stud.*, **19**, 117-136.

MAGNUSSEN M.S., ROSJO C., 1989. Different fats in feed for salmon. Influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. *Aquaculture,* **79**, 129-135.

MONTERO P., BORDERIAS J., 1989. Distribution and hardness of muscle connective tissue in hake (*Merluccius merluccius L.*, and trout (*Salmo irideus* Gibb). *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, **189**, 530-533.

TORRISSEN O.J., 1985. Pigmentation of salmonids : factors affecting carotenoids deposition in rainbow trout. *Aquaculture,* **46**, 210-228.

TOTLAND G.K., KRYVI H., JODESTOL K.A., CHRISTIANSEN E.N., TANGERAS A., 1987. Growth and composition of the swimming muscle of adult Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) during long-term sustained swimming. *Aquaculture,* **66**, 299-313.