

# ÉLEVAGE DES SALMONIDÉS

# TRANSFORMATION

FASCICULE

12



# TRANSFORMATION

---

## Fascicule 12

### RÉDACTION

<sup>1</sup>Alain Samuel, technicien en transformation des produits aquatiques

<sup>1</sup>Julie Boyer, Sciences et technologie des aliments

<sup>1</sup>Marie-Élise Carbonneau, chimiste

<sup>1</sup>Francis Coulombe, biologiste, M.Sc. Océanographie

<sup>1</sup>Noëlla Coulombe, technicienne en diététique

<sup>1</sup>Michel Desbiens, microbiologiste

<sup>1</sup>Luc Leclerc, Sciences et technologie des aliments

<sup>2</sup>Claire Martin, Ph.D. Sciences et technologie des aliments

<sup>3</sup>Richard Morin, biologiste

<sup>1</sup>Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation  
Direction de l'innovation et des technologies  
Centre technologique des produits aquatiques, Gaspé

<sup>2</sup>Consultante

7571, boul. Hamel, Sainte-Foy (Québec), G2G 1C2

### COORDINATION ET RÉVISION

<sup>3</sup>Richard Morin, biologiste

<sup>3</sup>Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation  
Direction de l'Innovation et des technologies  
Station technologique piscicole des eaux douces, Québec

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>INTRODUCTION</b> .....	19
<b>1. LES MATIÈRES PREMIÈRES</b> .....	21
<b>1.1 Identification et caractéristiques des espèces</b> .....	22
1.1.1 La truite arc-en-ciel .....	22
1.1.2 L'omble de fontaine .....	23
1.1.3 L'omble chevalier .....	24
1.1.4 Le saumon atlantique .....	25
1.1.5 Les saumons du Pacifique .....	26
1.1.5.1 Le saumon rose .....	26
1.1.5.2 Le saumon keta .....	27
1.1.5.3 Le saumon coho .....	28
1.1.5.4 Le saumon sockeye .....	29
1.1.5.5 Le saumon royal ou chinook .....	30
<b>1.2 Éléments d'anatomie</b> .....	31
1.2.1 Système squelettique .....	31
1.2.2 Système musculaire .....	31
1.2.3 Les viscères .....	32
<b>1.3 Composition de la chair</b> .....	34
1.3.1 L'eau .....	35
1.3.2 Les lipides .....	35
1.3.3 Les protéines et autres composés azotés .....	36
1.3.4 Les minéraux .....	37
1.3.5 Les vitamines .....	37
1.3.6 Les glucides .....	37
<b>1.4 Propriétés sensorielles</b> .....	38
1.4.1 La couleur .....	38
1.4.2 La texture .....	39
1.4.3 L'odeur et le goût .....	39
<b>2. FRAÎCHEUR ET CONSERVATION</b> .....	41
<b>2.1 Modifications biochimiques</b> .....	43
2.1.1 Rigidité cadavérique ( <i>rigor mortis</i> ) .....	43
2.1.2 Autolyse .....	44
2.1.3 Oxydation des lipides .....	44
2.1.4 Modifications des protéines .....	44
<b>2.2 Dégradation microbienne</b> .....	46
2.2.1 Généralités sur les microorganismes .....	46
2.2.2 Effet des procédés de transformation sur la flore microbienne .....	46

<b>2.3 Contamination biologique</b> .....	48
2.3.1 Bactéries pathogènes .....	48
2.3.1.1 <i>Clostridium botulinum</i> .....	48
2.3.1.2 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	48
2.3.1.3 <i>Listeria monocytogenes</i> .....	48
2.3.1.4 Microorganismes pathogènes d'origine entérique .....	49
2.3.2 Parasites .....	49
<b>2.4 Évaluation de la qualité et de la fraîcheur</b> .....	50
2.4.1 Méthode sensorielle .....	50
2.4.2 Méthodes physiques .....	50
2.4.2.1 Mesure de la conductivité .....	50
2.4.2.2 Mesure de la couleur .....	50
2.4.2.3 Mesure de la teneur en lipides .....	51
2.4.3 Méthodes chimiques .....	52
2.4.3.1 Indices de détérioration des lipides .....	52
2.4.3.2 Indice de dégradation de l'adénosine triphosphate (ATP) .....	53
2.4.3.3 Autres indicateurs de fraîcheur .....	53
<b>3. TRANSFORMATION PRIMAIRE</b> .....	55
<b>3.1 Produits</b> .....	56
3.1.1 Entier .....	58
3.1.2 Darne .....	58
3.1.3 Rôti .....	58
3.1.4 Filet .....	58
3.1.5 Longe .....	58
3.1.6 Pavé .....	59
3.1.7 Queue .....	59
3.1.8 Morceaux de chair et chair émincée .....	59
<b>3.2 Techniques</b> .....	62
3.2.1 Étapes de la transformation .....	62
3.2.2 Technologies utilisées .....	62
3.2.2.1 Conditionnement et jeûne .....	62
3.2.2.2 Transport du poisson et réception à l'usine .....	62
3.2.2.3 Abattage et saignée .....	65
3.2.2.4 Éviscération .....	68
3.2.2.5 Refroidissement .....	68
3.2.2.6 Filetage .....	70
3.2.2.7 Extraction des arêtes intramusculaires .....	75
3.2.2.8 Emballage .....	75
3.2.2.9 Congélation .....	76
<b>3.3 Rendements</b> .....	78

<b>3.4 Équipements</b> .....	79
3.4.1 Éviscéreuse .....	79
3.4.2 Fileteuse .....	79
3.4.3 Extracteur d'arêtes .....	80
3.4.4 Couteau circulaire .....	81
3.4.5 Dépiauteuse .....	81
<b>4. FUMAGE</b> .....	83
<b>4.1 Généralités</b> .....	84
<b>4.2 Saumurage et salage</b> .....	85
4.2.1 Saumurage .....	85
4.2.2 Salage à sec .....	86
<b>4.3 Fumage</b> .....	88
4.3.1 Fumage au bois .....	88
4.3.1.1 Fumage à froid .....	88
4.3.1.2 Fumage à chaud .....	90
4.3.2 Fumage par fumée liquide .....	90
<b>4.4 Matériel et équipements</b> .....	94
4.4.1 Fumoir .....	94
4.4.1.1 Fonctionnement et composantes .....	94
4.4.1.2 Critères de sélection .....	94
4.4.1.3 Accessoires .....	96
4.4.2 Autres équipements .....	96
4.4.2.1 Congélateur à air pulsé .....	96
4.4.2.2 Dépiauteuse .....	96
4.4.2.3 Couteau circulaire .....	96
4.4.2.4 Trancheur .....	96
4.4.2.5 Emballeuse sous vide .....	96
4.4.2.6 Emballeuse « skin pack » .....	98
4.4.3 Matériel divers .....	98
<b>5. PRODUITS ÉLABORÉS</b> .....	101
<b>5.1 Charcuteries</b> .....	103
5.1.1 Mousse .....	103
5.1.2 Terrine .....	104
5.1.3 Tartinade .....	104
5.1.4 Pâté en croûte .....	104
5.1.5 Rillettes .....	105
5.1.6 Saucisse fraîche .....	105

<b>5.2 Produits marinés</b> .....	106
<b>5.3 Caviar</b> .....	107
<b>5.4 Autres produits</b> .....	109
5.4.1 Jerky .....	109
5.4.2 Miettes de saumon fumé .....	109
5.4.3 Boulettes de chair hachée .....	109
5.4.4 Gravlax .....	109
5.4.5 Conserve .....	110
<b>6. AMÉNAGEMENT ET CONCEPTION D'UNE USINE</b> .....	111
6.1 Définition des besoins .....	113
6.2 Description des locaux .....	114
6.3 Plan type d'une usine .....	115
<b>7. CONTRÔLE DE LA QUALITÉ</b> .....	119
7.1 Fonctions du contrôle de la qualité .....	121
7.2 Les bonnes pratiques manufacturières .....	122
7.3 Le protocole HACCP .....	123
7.3.1 Définitions .....	123
7.3.2 Implantation du système HACCP .....	123
7.4 La certification ISO .....	126
7.5 Critères de qualité .....	127
7.5.1 Authenticité .....	127
7.5.2 Couleur de la chair .....	127
7.5.3 Teneur en gras .....	127
7.5.4 Altérations reliées à la maturité sexuelle .....	128
7.5.5 Marques de clivage .....	130
7.5.6 Défauts visuels .....	130
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	131

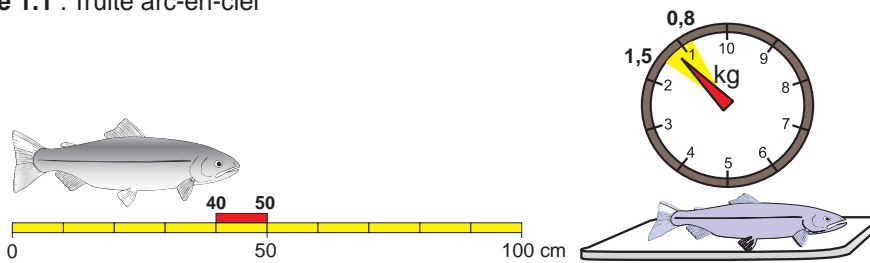
# 1.1 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISTIQUES DES ESPÈCES

## 1.1.1 LA TRUITE ARC-EN-CIEL

La truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) est l'espèce la plus largement répandue de la famille des truites (figure 1.1). Elle est l'un des cinq poissons les plus prisés par les pêcheurs sportifs de l'Amérique du Nord. De plus, son élevage est à la base d'une industrie privée dans plusieurs provinces du Canada, dont le Québec.



Figure 1.1 : Truite arc-en-ciel



Indigène du versant hydrographique de la côte du Pacifique depuis le Mexique jusqu'en Alaska, on la trouve maintenant, à la suite d'ensemencements, dans toutes les provinces du Canada. Au Québec, son élevage est légalement autorisé sur une partie du territoire situé surtout dans la partie sud-ouest de la province.

La truite arc-en-ciel a un corps allongé, avec, de chaque côté, une bande iridescente et rougeâtre allant de la tête à la queue. La couleur et la taille de ce poisson varient en fonction du milieu. Chez le type anadrome, le dos est bleu foncé, tandis que les côtés et les parties inférieures sont argentés. Chez le type sédentaire, la couleur du dos va du bleu au vert olive, passant au vert argenté sur les côtés et au blanc sur l'abdomen. La couleur de la bande latérale varie du rose pâle au rouge vif ou rouge pourpre et est plus prononcée chez les poissons adultes, particulièrement chez les mâles reproducteurs. Les côtés, la queue et les nageoires dorsales sont marqués d'un très grand nombre de petites taches foncées.

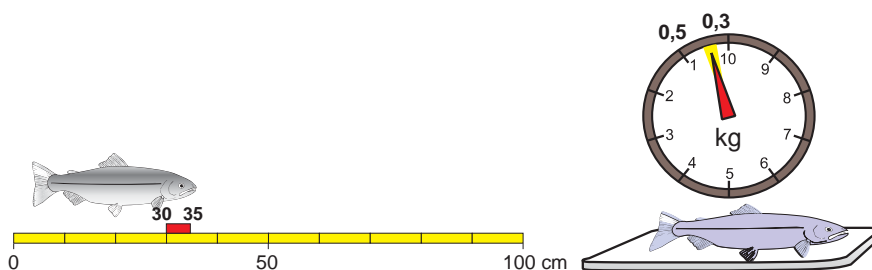
La taille des poissons sauvages varie de la côte ouest à la côte est du Canada. Ainsi, dans le versant hydrographique du Pacifique, certains sujets peuvent atteindre une quinzaine de kilos pour une longueur de 1,15 m, alors que le réseau hydrographique de l'Atlantique n'abrite que des poissons d'au plus 2,5 kg pour une longueur de 45 cm. La taille visée pour les truites arc-en-ciel d'élevage se situe entre 1,0 et 2,0 kg.

## 1.1.2 L'OMBLE DE FONTAINE

L'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), espèce plus communément désignée au Québec sous le vocable de « truite mouchetée », est l'un des salmonidés les plus appréciés des pêcheurs sportifs du Québec (figure 1.2). De plus, son élevage est à la base d'une industrie piscicole importante pour le Québec. Ces poissons d'élevage sont principalement destinés à l'ensemencement des cours d'eau douce, mais on voit se développer depuis quelques années des entreprises visant le marché de la consommation.



Figure 1.2 : Omble de fontaine



Indigène au Québec, elle est répandue sur la majeure partie du territoire, surtout dans les plans d'eau douce. Cependant, dans les rivières de l'est du Québec débouchant sur le golfe du Saint-Laurent, on observe des souches anadromes, capables de migrer vers les estuaires ou la zone côtière à certains moments de l'année. Contrairement à la truite arc-en-ciel, l'élevage de l'espèce est permis sur presque tout l'ensemble du territoire québécois.

Le dessus de ce poisson varie du vert olive au brun foncé, parfois presque noir. Les flancs sont plus pâles, tournant au blanc argenté en dessous. En plus de taches pâles sur les flancs, il y a de petites taches rouges distinctes, entourées d'un halo bleuâtre. Sa queue est légèrement fourchue. Au moment de la fraie, toutes ces couleurs s'accroissent et, surtout, la partie inférieure du corps des mâles revêt une livrée rouge orangé avec pigmentation noire. La souche anadrome est davantage argentée avec des reflets irisés pourpres; seules les taches rouges sont présentes.

La longueur typique de l'omble de fontaine dans les lacs du Québec varie entre 20 et 25 cm pour un poids de 100 à 200 g. Les poissons produits en élevage et destinés à l'ensemencement des plans d'eau pour la pêche sportive font également cette taille en général. Cependant, l'omble de fontaine produite pour le marché de la consommation atteint un poids plus élevé de 350 à 500 g. Il est possible d'avoir des ombles de fontaine de 1,0 kg et plus sur le marché de la consommation avec l'élevage de poissons stériles.

## 2.4 ÉVALUATION DE LA QUALITÉ ET DE LA FRAÎCHEUR

La fraîcheur des matières premières et des produits finis peut être évaluée à l'aide de mesures instrumentales et de mesures sensorielles par des personnes entraînées. L'évaluation sensorielle est une discipline scientifique qui consiste à mesurer, analyser et interpréter les réactions aux caractéristiques d'aliments ou de matières perçues par les sens de la vue, de l'odorat, du goût et du toucher. Les méthodes sensorielles, souvent considérées comme subjectives, ne remplacent pas les mesures instrumentales, mais les complètent. Les analyses chimiques donnent la composition fine et proximale de la matière et permettent de connaître la qualité nutritionnelle. Ces dernières s'opèrent sélectivement sur un ou quelques composés présents dans l'aliment, alors que les tests sensoriels mesurent l'impact global de tous les constituants du poisson. Pour trouver une signification aux divers dosages biochimiques, il faut la participation des humains, car aucun appareil ne peut donner ses préférences. Une personne entraînée à l'olfaction peut discriminer entre 200 odeurs différentes (Harper, 1972) et sa sensibilité est cent fois supérieure à celle d'un chromatographe en phase gazeuse (Meilgaard *et al.*, 1991).

### 2.4.1 MÉTHODE SENSORIELLE

L'examen externe du corps de l'animal montre qu'il est enduit de mucus transparent, surtout s'il s'agit d'un gros poisson. La peau, d'aspect brillant, possède des couleurs vives, des éclats métalliques et les écailles y adhèrent fortement. L'œil est légèrement saillant, clair, luisant et la cornée est convexe et transparente. L'iris ne doit jamais être taché de rouge. L'opercule est bien adhérent et sans tache. Les branchies sont humides et d'un rose-rouge brillant. L'abdomen n'est ni affaissé, ni déchiré.

L'examen interne, si possible, montre un péritoine luisant et humide, adhérent à la cavité abdominale et les viscères paraissent lisses, propres et nacrés. Les côtes et la colonne vertébrale sont adhérents et la colonne ne se détache qu'avec difficulté. On ne voit normalement aucun sang dans cette région entre le rein et la queue. La chair ferme est de différentes teintes de rosé et les reflets sont nacrés. Lors des analyses, les échantillons d'un lot doivent être homogènes et provenir d'une seule espèce, car les processus de dégradation varient grandement d'une espèce ou d'une famille à l'autre.

Une grille d'évaluation organoleptique de l'état de fraîcheur du saumon entier est présentée au tableau 2.1. Les différents points d'observation se divisent en un examen externe qui couvre l'aspect de la peau, sa pigmentation et le mucus; l'aspect de l'œil, sa teinte et sa courbure; les branchies, teinte et odeur. Chacun des points reçoit une cote appelée « indice d'altération »,

de 9 à 3, en allant du plus frais au plus altéré. La moyenne des cotes de tous les éléments permet d'évaluer le degré de fraîcheur du poisson entier.

Cette méthode permet de mesurer la perte des caractéristiques initiales de fraîcheur et l'apparition des phénomènes de décomposition détectables par les sens humains. Elle est la technique la plus répandue, car elle permet d'évaluer rapidement le niveau de fraîcheur du produit. Un avantage certain réside dans la non-destruction des échantillons par rapport aux méthodes chimiques et physiques. L'évaluation se rapproche de celle d'un consommateur averti au marché de poisson, qui regarde surtout l'apparence de l'œil et des branchies et se fie à l'odeur. La cotation peut varier avec les connaissances et la formation de l'inspecteur. S'il s'agit de filets plutôt que de poissons entiers, d'autres points peuvent être évalués, comme la présence d'arêtes, de peau, de viscères, de parasites, une mauvaise technique de filetage, les brûlures de congélation, etc.

### 2.4.2 MÉTHODES PHYSIQUES

Les méthodes d'analyse physiques sont moins nombreuses que les méthodes chimiques, mais permettent d'effectuer rapidement et facilement des mesures de routine à peu de frais. Par ailleurs, elles se font sans altérer les pièces de chair à analyser.

#### 2.4.2.1 Mesure de la conductivité

La conductivité électrique diminue dans le muscle du poisson avec le temps de conservation et on peut l'utiliser pour en mesurer la fraîcheur. L'appareil le plus connu est appelé « Torrymeter for Fish Freshness », qui mesure les changements de ces propriétés diélectriques. Il est muni de deux paires d'électrodes et génère un courant alternatif de l'ordre de 1 milliampère au travers du poisson. Le signal électrique est enregistré et converti sur une échelle de 1 à 16. En règle générale, huit mesures consécutives sont effectuées de chaque côté du poisson le long de la ligne latérale. L'appareil enregistre les résultats en mémoire et en fait la moyenne. Le résultat obtenu est ensuite comparé à des standards qui sont fournis avec l'appareil. Une lecture dont la valeur est élevée indique une grande fraîcheur du poisson et, à l'inverse, une faible valeur signifie que le poisson n'est pas frais.

#### 2.4.2.2 Mesure de la couleur

Nous rapportons deux méthodes pour mesurer la couleur de la chair. La première consiste à comparer une pièce de chair, soit une darne ou un filet, à des échantillons de couleur standards imprimés sur des cartons et

**Tableau 2.1** : Grille d'évaluation organoleptique de l'état de fraîcheur des salmonidés entiers

Cote	Odeur des branchies et de la cavité abdominale	Mucus	Apparence de la peau	Yeux	Branchies	Qualité générale
9	Odeurs d'algues fraîches	Transparent ou blanc	Brillante et sans décoloration	Pupille noire convexe, cornée translucide	Couleur rouge vif, sans dépôt de mucus	Excellent
8	Odeurs de poisson frais	Légèrement opaquescent	Éclat quelque peu réduit	Pupille noire et convexe, cornée translucide	Couleur rouge vif, un peu de mucus translucide	Très bon
7	Odeurs neutres	Opaque et quelque peu laiteux	Perte de brillance et décoloration	Yeux légèrement enfoncés, cornée légèrement opaque	Légère décoloration et présence de mucus	Bon
6	Odeur plus intense, mais pas d'odeurs aigres ou acides ni d'odeurs de vieux	Opaque, traces de décoloration	Perte totale de la brillance et sans couleur	Yeux enfoncés, pupille grise, cornée opaque	Brunâtre et mucus opaque	Satisfaisant
5	Odeur de poisson, odeurs aigres ou acides, acide lactique	Épais et décoloration	Perte de l'aspect naturel et terne	Yeux concaves et cornée opaque	Gris brunâtre, mucus épais	Peu satisfaisant
4	Odeurs acides fortes	Épais et jaunâtre	Perte de l'aspect naturel et décoloration	Yeux complètement enfoncés (concaves), pupille blanc laiteux	Gris, mucus épais et jaunâtre	Pauvre
3	Odeurs fortes et répulsives de soufre et autres odeurs sulfureuses	Continuellement épais et jaunâtre	Décoloration marquée	Yeux concaves, pupille blanc laiteux	Les branchies se détachent	Gâté

Tiré de : Johansen, S., O. M. Magnussen et T. S. Nordtvedt, 1996.

numérotés (figure 2.3). Le système de comparaison Roche est un de ces standards et l'échantillon de couleur au milieu de l'échelle, qui représente un bon niveau de rosé pour le saumon, correspond à une concentration d'environ 6 à 8 mg/kg d'astaxanthine ou canthaxanthine dans la chair (Biomar, 1997). Ce système est facile d'utilisation et peu coûteux. La seconde méthode consiste à utiliser un colorimètre pour mesurer la couleur au moyen d'un lecteur optique directement sur un filet ou une darne (figure 2.4).

#### 2.4.2.3 Mesure de la teneur en lipides

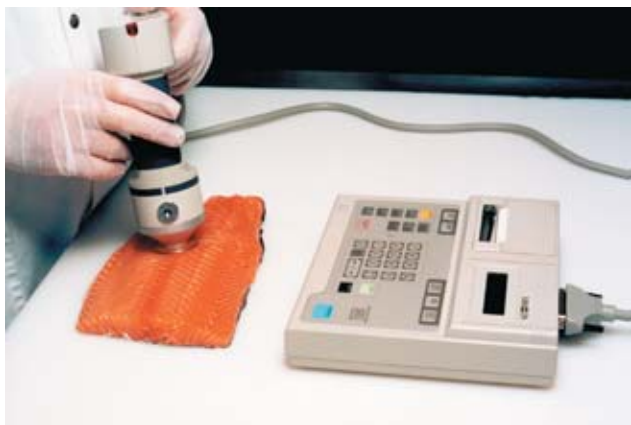
La teneur en lipides d'un poisson d'élevage peut être un critère important pour sa commercialisation. En effet, certains acheteurs recherchent un poisson plus gras pour son apport en oméga-3 par exemple, mais d'autres préfèrent une chair un peu moins grasse afin d'en faire un produit fumé de bonne qualité.

La composition en matières grasses peut être mesurée en laboratoire par des méthodes d'extraction chimique.

Ces méthodes sont précises, mais prennent du temps, sont dispendieuses et requièrent le prélèvement d'échantillons. Il existe une méthode un peu moins précise, consistant à utiliser un appareil qui détermine la quantité de gras directement dans la chair d'un poisson; cet appareil est le « Torry fish fatmeter » (figure 2.5). L'appareil portatif est muni d'une sonde à micro-ondes qui est placée sur le poisson entier. La sonde réagit avec l'eau libre contenue dans la chair et l'appareil qui enregistre le taux d'humidité détermine le taux de gras par corrélation. L'appareil doit être calibré par le fabricant pour effectuer des mesures sur diverses espèces de poissons telles que le saumon, la truite, le bar rayé, la dorade, le maquereau, le hareng et le thon. Bien que les résultats que l'on obtient avec ce type d'appareil soient un peu moins précis que les dosages chimiques, il constitue un outil rapide, simple à manipuler et fiable pour utilisation en usine. On peut même l'utiliser sur du poisson vivant et anesthésié afin de moduler la composition en matière grasse de la chair en cours de production selon les besoins de l'entreprise.



**Figure 2.3 :** Évaluation visuelle de la couleur d'un filet de salmonidé à partir d'échantillons de couleurs standards



**Figure 2.4 :** Mesure quantitative de la couleur d'un filet de salmonidé au moyen d'un colorimètre



**Figure 2.5 :** Mesure de la teneur en lipides de la chair d'un poisson au moyen d'un appareil (« Torry fish fatmeter »)

Il existe également sur le marché des appareils du même type, mais qui utilisent la technologie infrarouge. Ceux-ci, en plus d'offrir la mesure de trois paramètres (humidité, lipides et protéines), sont un peu plus précis, mais beaucoup plus dispendieux.

## 2.4.3 MÉTHODES CHIMIQUES

Bien que l'analyse sensorielle demeure le test le plus utilisé pour évaluer la fraîcheur du poisson en industrie, les dosages chimiques sont très présents en recherche pour appuyer et expliquer les résultats de l'évaluation sensorielle. Par les méthodes chimiques, on évalue l'apparition ou la disparition de certaines molécules organiques ou inorganiques durant la dégradation de la chair. Certains indices chimiques sont utilisés pour mesurer l'oxydation des lipides, d'autres pour traduire l'altération des protéines ou permettre de suivre la dégradation de l'ATP. Très peu de tests déterminent la dégradation biochimique dans sa globalité. Pour cette raison, il est important de cibler les indices chimiques les plus appropriés selon le type de produit investigué, l'espèce de poisson, le type de transformation et le mode d'entreposage. Cette section traite des principaux dosages chimiques utilisés pour déterminer la fraîcheur des salmonidés.

### 2.4.3.1 Indices de détérioration des lipides

Puisque les salmonidés sont en général assez gras, l'oxydation des lipides est un bon indicateur de l'état de fraîcheur. Plusieurs molécules sont produites à la suite de l'oxydation des lipides. Les produits primaires de l'oxydation des lipides sont les hydroperoxydes, intermédiaires inodores et incolores, qui se décomposent à leur tour en divers produits secondaires tels que des aldéhydes, des cétones, des hydrocarbures et des alcools. Ces derniers sont responsables en grande partie du goût de rancidité.

L'indice de peroxyde (*peroxyde value, PoV*), est une méthode classique qui repose sur le dosage des peroxydes produits. C'est un titrage qui mesure en fait le degré d'oxydation des doubles liaisons des acides gras par une réaction d'oxydoréduction. Ce dosage s'effectue directement sur l'huile extraite. Cette méthode n'est pas parfaite, car les résultats sont influencés par la structure et la réactivité des hydroperoxydes, ainsi que par la température et le temps de la réaction. Les faibles concentrations d'hydroperoxydes sont difficiles à déterminer par titrage à cause de la lecture du point de virage (changement de couleur de l'indicateur), subjectif et variable selon le technicien. Il faut prendre en considération que les peroxydes sont des produits de dégradation primaires et qu'ils se décomposent à leurs tours. Ainsi, une hausse de cet indice peut être observée au début d'une longue période d'entreposage, suivie d'un plateau pour ensuite démontrer un abaissement des valeurs mesurées.

La mesure des composés de détérioration des hydroperoxydes en aldéhydes ou cétone peut se faire à l'aide de l'indice TBA, substances réactives à l'acide thiobarbiturique. Cette méthode est une des plus anciennes et des plus utilisées. Ce dosage est basé sur la réaction de ces molécules, particulièrement le malonaldéhyde, avec l'acide thiobarbiturique (TBA) pour former un complexe rosé. Selon le type de produit, on peut déterminer la valeur TBA sur un échantillon d'huile, un extrait ou un distillat. L'extrait s'obtient directement de l'aliment avec un volume d'acide trichloroacétique (TCA), mais peut contenir des molécules indésirables. Shahidi et Wanasundara (1998) privilégient la méthode directe sur l'huile parce qu'elle est simple et de préparation rapide. Cependant, pour les produits fumés, plusieurs auteurs rapportent des molécules autres que le MA qui réagissent avec le réactif TBA et faussent le résultat final. Ils conseillent une distillation avec entraînement à la vapeur qui élimine toute interférence.

Les acides gras libres sont le résultat de l'hydrolyse enzymatique des triglycérides et des phospholipides. Comme il a été mentionné à la section 2.1.3, les acides gras libres sont encore plus vulnérables à l'oxydation que les acides gras estérifiés. Lors d'un entreposage réfrigéré, où la prolifération bactérienne est potentielle, l'indice FFA (« free fatty acids » pour « acides gras libres ») peut être très utile. Ils se mesurent par titrage direct sur l'huile extraite à l'aide d'une base en utilisant un indicateur.

#### 2.4.3.2 Indice de dégradation de l'adénosine triphosphate (ATP)

À la suite de la mort du poisson, la dégradation de l'ATP est instantanée et se traduit chimiquement par sa disparition et par l'augmentation de plusieurs autres molécules : l'adénosine monophosphate (AMP), l'inosine monophosphate (HxR ou INO), l'hypoxanthine (Hx) et l'inosine (INO) (section 2.1.2). Ainsi, on utilise le dosage de ces composés pour évaluer la fraîcheur d'un poisson.

L'hypoxanthine est parfois dosé seul, alors que certains indices peuvent être calculés à partir des concentrations respectives de chacune des molécules afin de mieux traduire leur évolution. Ainsi, les indices K, G et P mesurent la fraîcheur par ce dosage. Moins il y a d'hypoxanthine, plus l'indice K est faible et meilleure est la qualité du poisson. Un indice élevé indique une forte altération des tissus de l'animal, qui prend de plus en plus une odeur d'ammoniac causée par l'hypoxanthine. Une étude interne menée par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (Doc. rech. 89/07), effectuée sur le saumon atlantique suggère que celui-ci a perdu sa fraîcheur initiale lorsque l'indice P atteint 1,0, mais que

ce n'est qu'à l'atteinte d'un indice P de 2,0 que le poisson n'est plus de qualité suffisante pour être apprécié par le consommateur.

Le suivi de la dégradation des nucléotides peut se faire grâce à des détecteurs enzymatiques spécifiques sur des électrodes à oxygène, ou par des enzymes immobilisées avec un indicateur d'oxydoréduction sur des bandes de papier-test (Gill, 1990). Ces techniques sont accessibles aux petits laboratoires, mais peuvent être coûteuses. Dans les laboratoires de recherche, le dosage de ces molécules se fait par chromatographie liquide.

#### 2.4.3.3 Autres indicateurs de fraîcheur

Les méthodes chimiques pour évaluer la dénaturation des protéines sont le plus souvent basées sur la solubilité de celles-ci dans des solutions de force ionique prédéterminée. Plus une protéine est dénaturée, moins elle est soluble dans une solution salée, par exemple. C'est sur cette propriété des protéines que le dosage de l'azote protéique extractible (EPN pour « extractable protein nitrogen ») est basé. Comme pour la majorité des indices chimiques, des valeurs de références doivent être établies pour chaque type de produit évalué.

Bien que la glycolyse et la dégradation bactérienne amènent des variations du pH dans la chair et que cette mesure soit toute assez simple, cet indice est peu utilisé seul. En effet, on doit connaître l'évolution normale du pH avec le temps pour chaque espèce concernée. Par surcroît, à part l'espèce, plusieurs facteurs influencent le pH : l'état physiologique du poisson, l'abondance de sa nourriture au moment de la capture, la nature du muscle, etc. (Boyer *et al.*, 1995). Il est donc préférable d'utiliser cette mesure en combinaison avec une autre mesure biochimique plus fiable.

Chez certaines espèces de poisson marin, la triméthylamine (TMA) est un bon indicateur de fraîcheur. Ce composé principalement produit par la décomposition de l'oxyde de triméthylamine (OTMA) est très peu employé comme indicateur dans le cas des salmonidés en raison de la faible quantité de OTMA endogène chez ces poissons. Il en va de même pour l'analyse de l'azote basique volatile total (ABVT), qui est peu employée en raison de la faible teneur en TMA et en ammoniac produite lors de sa détérioration, contrairement à la morue et à la crevette, par exemple.

En revanche, un intérêt croissant est porté à l'utilisation d'appareils munis de capteurs à gaz (molécules volatiles). Ce sont des appareils qui mesurent des molécules chimiques et qui tentent de reproduire une fonction organoleptique. Ces instruments, que l'on nomme « nez électroniques », sont en constante évolution et ouvrent des perspectives très prometteuses.



**Étape 1 :** Dégager le muscle en faisant une incision le long du collet et derrière la nageoire pectorale jusqu'au niveau de la colonne vertébrale.



**Étape 2 :** Débuter un mouvement de va et vient à partir de la tête afin de dégager la partie antérieure du filet. Il est essentiel de conserver la lame en contact étroit avec la colonne vertébrale en appuyant légèrement sur le couteau afin de récupérer le maximum de chair au niveau du dos.



**Étape 3 :** Une fois la partie antérieure dégagée, glisser le couteau d'un mouvement rapide et continu en longeant la colonne vertébrale jusqu'à la queue afin de dégager complètement le filet.



**Étape 4 :** Le premier filet est dégagé.



**Étape 5 :** Tourner le poisson sur l'autre côté et répéter l'étape 1.



**Étape 6 :** Dégager la partie antérieure du filet de la colonne vertébrale avec le bout du couteau.

**Figure 3.20 :** Étapes de filetage manuel des petits salmonidés



**Étape 7 :** Glisser le couteau en direction de la queue pour dégager le second filet.



**Étape 8 :** Le second filet est dégagé.



**Étape 9 :** Retirer les arêtes ventrales en introduisant le bout du couteau sous ces dernières en débutant par la partie antérieure du filet. Cette opération doit être réalisée d'un trait afin d'éviter les marques de couteau dans la chair. Il est recommandé d'utiliser une fourchette à fines dents pour tenir le filet.



**Étape 10 :** Parer le filet en supprimant les nageoires et les parties grasses le long du dos et du ventre.



**Étape 11 :** Pour dépiauter le filet, dégager d'abord l'extrémité de la queue avec la lame du couteau. Tenir ensuite la peau d'une main et glisser le couteau jusqu'à l'autre extrémité du filet.



**Étape 12 :** Le filet est complètement débarrassé de sa peau.

**Figure 3.20 :** Étapes du filetage manuel des petits salmonidés (suite)

## 7.5 CRITÈRES DE QUALITÉ

Le programme de contrôle de la qualité permet d'évaluer certains critères fixés au préalable par l'entreprise. Parmi les critères observés, certains peuvent indiquer une mauvaise manipulation ou un mauvais traitement subis par le poisson, alors que dans d'autres cas, les défauts sont simplement d'ordre esthétique, mais peuvent compromettre le potentiel de vente du produit. Cette section permet de faire ressortir quelques points importants du contrôle de la qualité chez les salmonidés. Par exemple, la teneur en gras dans le poisson est un critère essentiel chez les producteurs de produits fumés.

### 7.5.1 AUTHENTICITÉ

Les consommateurs ne sont pas tous des experts dans l'identification des espèces et il peut être difficile pour eux de reconnaître les salmonidés lorsqu'ils sont sous forme de filet ou encore étêtés. Il est interdit de vendre de la truite en stipulant qu'il s'agit de saumon. Induire les gens en erreur entre les produits sauvages et ceux en provenance de l'aquaculture, particulièrement dans les restaurants où les produits sauvages sont généralement plus coûteux, attirerait le mécontentement et même une perte de confiance. Il est interdit de vendre du poisson décongelé sans le mentionner à l'acheteur. C'est non seulement une question d'éthique et de respect pour les consommateurs, mais aussi d'innocuité, parce qu'un produit décongelé doit être consommé à très court terme par rapport à un produit frais et ne doit pas être recongelé.

### 7.5.2 COULEUR DE LA CHAIR

La section 1.4.1 traite de la couleur de la chair des salmonidés, mais contient simplement un rappel qu'elle peut varier du rose au rouge selon l'espèce. L'uniformité et la stabilité des pigments sont des facteurs importants, principalement dans la congélation. L'astaxanthine est moins affectée que les autres pigments synthétiques par les cycles de congélation/décongélation (Whittle, 1996). La figure 7.1 illustre les variantes que peut présenter la coloration de la chair de la truite selon la quantité de pigments qu'elle a incorporée dans le muscle. Elle peut être blanchâtre, jaunâtre ou orangée caractéristique des salmonidés.

### 7.5.3 TENEUR EN GRAS

La teneur en gras de la chair du saumon d'élevage varie en général de 5 % à 15 % et peut même atteindre 20 %. En règle générale, elle augmente avec la taille du poisson, mais cela dépend davantage de sa diète. Une forte teneur en gras dans la diète se répercute sur la teneur en lipides de la chair. Un poisson trop gras donne une chair molle, plus particulièrement sur la partie ventrale, et on y perçoit des lignes blanches constituées de tissu conjonctif et de tissu adipeux (figure 7.2). Le clivage, qui sépare les feuillets de muscle, devient plus important et il y a une perte de poids plus importante à la cuisson parce que le gras fond. Un goût d'huile persiste dans la

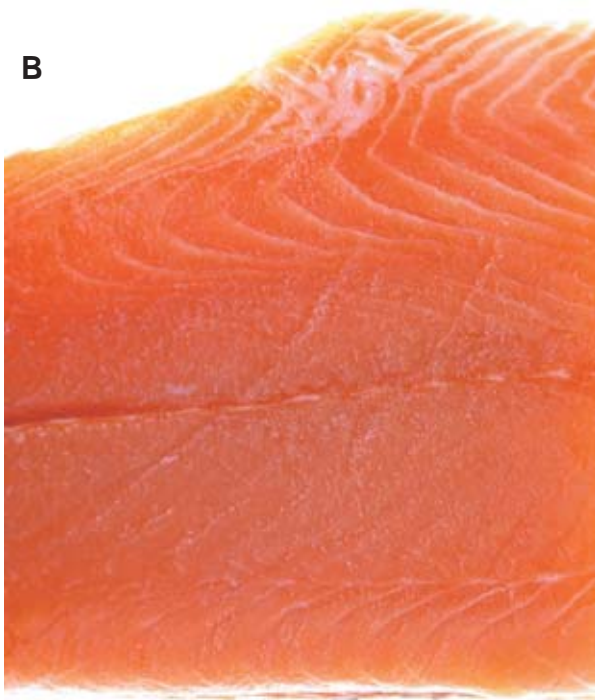


**Figure 7.1 :** Variantes dans l'intensité de la coloration que peut présenter la chair des salmonidés

A



B



## 7.5.4 ALTÉRATIONS RELIÉES À LA MATURITÉ SEXUELLE

Il est important de ne pas utiliser des salmonidés dont le cycle de maturation sexuelle est trop avancé pour qu'on puisse les transformer en produits de consommation. En effet, la teneur en eau de la chair est augmentée au détriment de la teneur en lipides, de l'intensité de la pigmentation et de la qualité globale, qui sont diminuées considérablement. La saveur est moins bonne à mesure que la maturité sexuelle augmente et l'odeur de la chair peut même devenir désagréable à pleine maturité sexuelle. Les salmonidés en maturation sexuelle ne présentent pas les caractéristiques recherchées pour un produit de consommation. Leur chair est d'ordinaire plus floconneuse et suintante et ne présente plus la coloration saumonée attendue de ces poissons. La figure 7.3 fait ressortir la différence qui existe dans la coloration de la chair entre un poisson à maturité qui a la chair blanche et un autre immature qui présente une chair bien rosée.

**Figure 7.2 :** Variantes de la teneur en gras que peut présenter la chair des salmonidés :

**A :** Chair grasse

**B :** Chair maigre

bouche. Lorsque ces produits sont utilisés pour le fumage, on observe de plus grandes pertes et la matière grasse est apparente sur le rebord du filet.



**A** : Truite femelle mature présentant une chair blanche, peu ou pas pigmentée, les pigments ayant migré de la chair vers l'intérieur des œufs ;



**B** : Truite femelle immature présentant une chair rosée bien pigmentée

**Figure 7.3** : Effet de la maturation sexuelle sur l'intensité de la coloration de la chair des salmonidés

## 7.5.5 MARQUES DE CLIVAGE

Chez le poisson, le clivage se définit comme le détachement des feuillettes de muscle du tissu conjonctif, ce qui a pour effet de provoquer des fissures dans le filet (Sainclivier, 1983). Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de ce phénomène. L'état physiologique des poissons à l'arrivée en usine, la technique d'abattage et la méthode de refroidissement affectent l'évolution de la *rigor mortis* et, du même coup, les risques de dommages que la chair subira. La section 2.1.1 traite de la *rigor mortis*. La transformation du poisson ou la congélation des filets durant la rigidité cadavérique est susceptible de provoquer l'apparition de ce défaut dans la chair (figure 7.4).



Figure 7.4 : Marques de clivage dans la chair

## 7.5.6 DÉFAUTS VISUELS

Certains défauts visuels sont des signes d'une mauvaise manipulation ou d'un mauvais traitement subis par le poisson. Parmi ces défauts, certains ne sont pas tolérables parce qu'ils affectent la durée de conservation du poisson, alors que d'autres peuvent directement compromettre son potentiel de mise en marché. La liste suivante énumère quelques défauts rencontrés :

- ▮ déviations de la colonne vertébrale entraînant des malformations du corps ou du filet;
- ▮ absence partielle ou totale du péritoine chez le poisson entier;
- ▮ présence de coups de couteau sur les filets ou dans le muscle à l'intérieur de la cavité abdominale chez le poisson entier;
- ▮ éviscération incomplète et mauvais nettoyage;
- ▮ présence du rein ou de restes du rein le long de la colonne vertébrale;
- ▮ décoloration des filets ou présence de sang apparent à l'intérieur du muscle;
- ▮ déshydratation ou brûlure de la chair chez les produits congelés, résultant d'une perte d'eau localisée sur la surface du poisson et qui se traduit par une chair blanche et fibreuse.

Plusieurs critères de qualité doivent être respectés lors de la mise en marché des produits frais et congelés ou de ceux qui sont réservés au fumage. Une inspection rigoureuse doit d'abord être effectuée sur le poisson entier et une seconde sur les filets. Des critères qui peuvent être utilisés pour l'évaluation de la qualité du saumon entier et en filets sont donnés à titre d'exemple au tableau 7.2.

Tableau 7.2 : Critères de qualité du saumon entier et en filets

Caractéristiques	Frais/congelé	Fumage
<b>ENTIER ÉVISCÉRÉ</b>		
Maturité sexuelle	Aucune	
Coupures	Aucune	Aucune
Malformations	Aucune	Aucune
Écailles	Moins de 15 % de pertes	Moins de 15 % de pertes
Oxydation		Aucune trace Moins de 2 % de taches de mélanine
<b>FILET</b>		
Texture	Ferme/élastique	Ferme/élastique
Couleur	15 et + sur la carte Roche	15 et + sur la carte Roche Aucune tache de sang
Clivage	Moins de 12 % du filet	Minimal
Teneur en gras	10-13 %	10-12 %